

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS, METALÚRGICA E
DE MATERIAIS

INDUSTRIALIZAÇÃO DE AMETISTA NO RIO GRANDE DO SUL

por

Júlio César de Souza

Engenheiro de Minas, M.Sc.

Trabalho elaborado no Laboratório de Processamento Mineral do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais e no Centro de Formação Profissional SENAI de Gemologia do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - Departamento Regional do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, 1996.

INDUSTRIALIZAÇÃO DE AMETISTA NO RIO GRANDE DO SUL

TESE

Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em de Minas, Engenharia Metalúrgica e dos Materiais - PPGEM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de

DOUTOR EM ENGENHARIA

Área de Concentração: Metalurgia Extrativa e Tecnologia Mineral

por

Júlio César de Souza - Engenheiro de Minas, M.Sc.

1996

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA, Área de Concentração: Engenharia de Minas, e aprovada em sua forma final, pelo orientador e pela banca examinadora do curso de Pós-Graduação.

**Orientador: Dr-Ing Carlos Hoffmann Sampaio
Departamento de Engenharia Metalúrgica**

Banca Examinadora:

**Dr. Carlos Hoffmann Sampaio
Departamento de Engenharia Metalúrgica**

**Dr. Fernando Simões Souto
Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos - IBGM**

**Dr. José Afonso dos Santos Senna
Programa Pós-Graduação Engenharia de Produção**

**Dr. Jair Carlos Koppe
Departamento de Engenharia de Minas**

Coordenador do PPGEM:

**Dr. Telmo Strohaecker
Departamento de Engenharia Metalúrgica**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Carlos Hoffmann Sampaio, orientador e amigo, pela sua dedicação ao ensino, dinamismo e companheirismo demonstrado nas horas de trabalho e lazer.

Ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Departamento Regional do Rio Grande do Sul - SENAI-RS, nas pessoas dos instrutores Gustavo Nelson Viera Ciccone e João Nairo Hutt da Costa, pelo fornecimento de informações sobre os processos de lapidação de pedras preciosas e colaboração no desenvolvimento dos testes práticos de lapidação manual e mecanizada realizados no Centro de Formação Profissional SENAI de Gemologia em Lajeado - RS.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, de Minas e dos Materiais pela orientação, apoio e incentivo para elaboração do presente trabalho.

A minha família por todo incentivo e paciência durante o período de desenvolvimento da dissertação e, principalmente por acreditarem na conclusão desta dissertação.

Aos colegas do Centro de Formação Profissional SENAI de Gemologia pela colaboração recebida e pelo esforço dedicado à industrialização de pedras preciosas no Estado do Rio Grande do Sul.

Aos colegas do Laboratório de Processamento de Minérios pelo apoio e agradável ambiente de convívio nesse período.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo auxílio financeiro à confecção da presente dissertação e subsistência do autor.

"CHEGAR À COMPREENSÃO DO UNIVERSO
POR SER O SEU SER VERDADEIRO É O
PROCESSO DA NATUREZA; TER
CONSCIÊNCIA DO SEU SER VERDADEIRO
POR UMA COMPREENSÃO DO UNIVERSO É O
PROCESSO DA CULTURA. QUEM FOR SEU
VERDADEIRO SER TEM UMA
COMPREENSÃO DO UNIVERSO; QUEM TIVER
VERDADEIRA COMPREENSÃO DO UNIVERSO
TEM CONSCIÊNCIA DO SEU VERDADEIRO
SER."

Tseszé (século II a.C.)

À minha esposa *Eliana*,
pelos 10 anos de amor, dedicação e apoio;
e às minhas filhas *Juliana* e *Jênyce*,
bençãos do céu que justificam minha existência.

SUMÁRIO

- Índice de Tabelas	i
- Índice de Figuras	iv
- Resumo	vi
- Abstract	vii
1. INTRODUÇÃO	1 - 33
1.1. Introdução	1
1.2. Mercado Brasileiro e Internacional	3
1.3. Principais Depósitos no Rio Grande do Sul	5
1.4. Localização e Vias de Acesso às Regiões Produtoras	8
1.5. Aspectos Geológicos-estruturais e Mineralógicos	11
1.6. Métodos de Prospecção e Pesquisa	17
1.7. Métodos de Lavra	18
1.8. Métodos de Beneficiamento	20
1.9. Caracterização do Setor	28
1.10. Perspectivas de Otimização do Setor	29
1.11. Ações para Apoio ao Setor de Pedras Preciosas do RS	33
2. EXPERIMENTAL.....	34 - 36
3. LAPIDAÇÃO MECANIZADA	37 - 47
4. LAPIDAÇÃO MANUAL	48 - 54
5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA LAPIDAÇÃO MECANIZADA	55 - 71
5.1. Determinação dos Parâmetros Econômicos	55
5.2. Análise do Fluxo de Caixa Descontado	60
5.3. Análises de Risco e Incerteza	62
6. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA LAPIDAÇÃO MANUAL	72 - 89
6.1. Determinação dos Parâmetros Econômicos	72
6.2. Análise do Fluxo de Caixa Descontado	77
6.3. Análises de Risco e Incerteza	79

7. DETERMINAÇÃO DO PONTO DE EQUILÍBRIO	90 - 93
7.1. Introdução - Ponto de Nivelamento	90
7.2. Determinação Analítica	90
8. ANÁLISE ECONÔMICA COMPARATIVA	94 - 95
9. ANÁLISE PROBABILÍSTICA DO RISCO - SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO. 96 - 112	
9.1. Simulação do Processo de Lapidação Mecanizada	103
9.2. Simulação do Processo de Lapidação Manual	108
10. ANÁLISE HISTÓRICA DOS PREÇOS DE VENDA	113 - 127
11. PADRONIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA AMETISTA	128 - 145
11.1. Normalização para Avaliação de Ametista e Citrino RS	131
11.2. Sistema $L^*a^*b^*$	137
12. ANÁLISE DA VALORIZAÇÃO ECONÔMICA DA LAPIDAÇÃO	146 - 151
13. ANÁLISE MACROECONÔMICA DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE AMETISTA NO RS	152 - 156
14. CONCLUSÕES FINAIS	157 - 161
15. BIBLIOGRAFIA.....	162 - 165
16. ANEXOS	166 - 191
Anexo 1 - Resultados dos Testes de Lapidação Manual	166
- Estudo de Tempos e Movimentos	
- Estudo de Rendimentos Mássicos	
Anexo 2 - Resultados dos Testes de Lapidação Manual	182
- Custo de Aquisição de Matéria-prima	
- Rendimento Econômico Médio	
- Margem de Contribuição Unitária	
Anexo 3 - Fórmulas para Cálculo da Área Lapidada em Função do Formato de Lapidação	189

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1)	Principais substâncias gemológicas do Rio Grande do Sul	8
Tabela 3.1)	Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação mecanizada	41
Tabela 3.2)	Avaliação dos rendimento mássico e consumo de matéria-prima	41
Tabela 3.3)	Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação mecanizada	42
Tabela 3.4)	Avaliação dos rendimentos mássicos e de consumo de matéria-prima ..	42
Tabela 3.5)	Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação mecanizada	43
Tabela 3.6)	Avaliação dos rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima	43
Tabela 3.7)	Tempo de lapidação x lote lapidado (diâmetro: 7 mm)	44
Tabela 3.8)	Rendimentos médios obtidos via lapidação mecanizada	46
Tabela 3.9)	Tempos de lapidação por etapas do processo	46
Tabela 3.10)	Tempo médio de lapidação por quilate	46
Tabela 4.1)	Tempo de lapidação x área da gema lapidada	51
Tabela 4.2)	Tempo de lapidação x peso da gema lapidada	52
Tabela 4.3)	Rendimento médio (mássico) x peso da gema lapidada	53
Tabela 5.1)	Custo de aquisição dos equipamentos do conjunto mecanizado	55
Tabela 5.2)	Estimativa do custo de investimento inicial em equipamentos	56
Tabela 5.3)	Mão-de-obra direta	56
Tabela 5.4)	Mão-de-obra indireta	56
Tabela 5.5)	Peças de reposição/manutenção	56
Tabela 5.6)	Estimativa de custo operacional anual	57
Tabela 5.7)	Resumo da capacidade de produção do conjunto mecanizado	58
Tabela 5.8)	Mix de produção e consumo anual de pedras marteladas	58
Tabela 5.9)	Cálculos dos rendimentos e custo de matéria-prima anuais	59
Tabela 5.10)	Valor líquido presente x taxa de retorno	61
Tabela 5.11)	Variação no investimento inicial	63
Tabela 5.12)	Variação no custo da matéria-prima	64
Tabela 5.13)	Variação no rendimento	65
Tabela 5.14)	Variação na eficiência	66
Tabela 5.15)	Variação no custo operacional	67
Tabela 5.16)	Variação no preço de venda	68
Tabela 5.17)	Sensibilidade do projeto frente as variáveis analisadas	69
Tabela 5.18)	Parâmetros econômicos nas situações provável, favorável e desfavorável	70
Tabela 6.1)	Custo de aquisição dos equipamentos de lapidação manual	72
Tabela 6.2)	Estimativa de custo de investimento inicial em equipamentos	73
Tabela 6.3)	Mão-de-obra direta	73
Tabela 6.4)	Mão-de-obra indireta	73
Tabela 6.5)	Peças de reposição/manutenção	73
Tabela 6.6)	Estimativa de custo operacional anual	74
Tabela 6.7)	Resumo da capacidade de produção da oficina de lapidação	75
Tabela 6.8)	Mix de produção e consumo anual de pedras marteladas	75
Tabela 6.9)	Cálculo dos rendimentos e custo matéria-prima anual	76
Tabela 6.10)	Valor líquido presente x taxa de retorno	78
Tabela 6.11)	Variação no investimento	80
Tabela 6.12)	Variação no custo da matéria-prima	81

Tabela 6.13)	Variação no rendimento	82
Tabela 6.14)	Variação na eficiência	84
Tabela 6.15)	Variação no custo operacional	85
Tabela 6.16)	Variação no preço de venda	86
Tabela 6.17)	Sensibilidade do projeto frente às variáveis analisadas	86
Tabela 6.18)	Parâmetros econômicos nas situações provável, favorável e desfavorável	87
Tabela 8.1)	Valor líquido presente x taxa de retorno (fluxo incremental)	95
Tabela 9.1)	Distribuição de probabilidade do investimento em equipamentos (lapidação mecanizada)	97
Tabela 9.2)	Distribuição de probabilidade do investimento em instalações (lapidação mecanizada)	97
Tabela 9.3)	Distribuição de probabilidade do custo de matéria-prima (lapidação mecanizada)	98
Tabela 9.4)	Distribuição de probabilidade das receitas anuais (lapidação mecanizada)	98
Tabela 9.5)	Distribuição de probabilidade do custo operacional (lapidação mecanizada)	99
Tabela 9.6)	Distribuição de probabilidade das despesas indiretas (lapidação mecanizada)	99
Tabela 9.7)	Distribuição de probabilidade do investimento em equipamentos (lapidação manual)	100
Tabela 9.8)	Distribuição de probabilidade do investimento em instalações (lapidação manual)	100
Tabela 9.9)	Distribuição de probabilidade do custo de matéria-prima (lapidação manual)	101
Tabela 9.10)	Distribuição de probabilidade das receitas anuais (lapidação manual).	101
Tabela 9.11)	Distribuição de probabilidade do custo operacional (lapidação manual)	102
Tabela 9.12)	Distribuição de probabilidade das despesas indiretas (lapidação manual)	102
Tabela 9.13)	Distribuição de frequência do valor presente líquido - lapidação mecanizada	104
Tabela 9.14)	Distribuição de frequência da taxa interna de retorno - lapidação mecanizada	106
Tabela 9.15)	Distribuição de frequência do valor presente líquido - lapidação manual	109
Tabela 9.16)	Distribuição de frequência da taxa interna de retorno - lapidação manual	111
Tabela 10.1)	Preço de venda ametista martelada, isenta de impurezas em US\$/g, variando em função do peso e tonalidade de cor (Boletim de Preços - DNPM)	114
Tabela 10.2)	Preço de venda citrino martelado, isento de impurezas em US\$/g, variando em função do peso e tonalidade de cor (Boletim de Preços - DNPM)	115
Tabela 10.3)	Preço de venda ametista lapidada, em US\$/ct, variando em função do peso e tonalidade de cor (Boletim de Preços - DNPM)	121
Tabela 10.4)	Preço de venda drusas e geodos em bruto de ametista - espécimens para coleção e ornamentação, em US\$/kg, variando em função do	

	peso, tamanho dos cristais e tonalidade de cor (Boletim de Preços - DNPM)	124
Tabela 10.5)	Preço de venda drusas e geodos de ametista (US\$/kg)	126
Tabela 10.6)	Preço de venda de pedra martelada de ametista (US\$/g)	127
Tabela 10.7)	Preço de venda de pedra martelada de citrino (US\$/g)	127
Tabela 10.8)	Preço de venda de gema martelada de ametista (US\$/ct)	127
Tabela 10.9)	Preço de venda de gema martelada de citrino (US\$/ct)	127
Tabela 11.1)	Fatores de filtro para os iluminantes padrão	134
Tabela 11.2)	Valores de Xn, Yn e Zn	137
Tabela 12.1)	Custo de aquisição das pedras marteladas	147
Tabela 12.2)	Rendimentos médios obtidos na lapidação de ametistas (formato redondo)	148
Tabela 12.3)	Rendimentos médios obtidos na lapidação de ametistas (formato oval).	148
Tabela 12.4)	Rendimentos médios obtidos na lapidação de ametistas (formato quadrado)	148
Tabela 12.5)	Valorização econômica nas etapas da lapidação	149
Tabela 12.6)	Resumo dos testes de lapidação manual de citrino RS e ametista	150
Tabela 12.7)	Resumo estudo de tempos e movimentos - Citrino RS	150
Tabela 12.8)	Resumo estudo de tempos e movimentos - Ametista	150
Tabela 12.9)	Rendimentos médios e tempos de lapidação	151
Tabela 13.1)	Resumo dos benefícios macroeconômicos para o Estado do RS	155

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1)	Principais depósitos explorados no Rio Grande do Sul	9
Figura 1.2)	Principais depósitos da região do Alto Uruguai	10
Figura 1.3)	Principais depósitos da região da Fronteira Sudeste	12
Figura 1.4)	Principais depósitos da região do Salto do Jacuí	13
Figura 1.5)	Equipamento para martelação de ametista/citrino	21
Figura 1.6)	Equipamento para pré-formação de pedras preciosas	22
Figura 1.7)	Equipamento para facetamento de pedras preciosas	23
Figura 1.8)	Fluxograma de beneficiamento da ágata	25
Figura 1.9)	Equipamento para corte de ágata	26
Figura 1.10)	Equipamento para furação de ágata	27
Figura 3.1)	Lay-out básico para lapidação mecanizada	37
Figura 3.2)	Fluxograma lapidação mecanizada	38
Figura 3.3)	Equipamento para lapidação mecanizada	40
Figura 3.4)	Tempo total de lapidação em conjunto mecanizado	44
Figura 3.5)	Tempo de lapidação x diâmetro da gema	47
Figura 4.1)	Lay-out básico para lapidação manual	49
Figura 4.2)	Fluxograma lapidação manual	50
Figura 4.3)	Tempo de lapidação x área da gema	52
Figura 4.4)	Tempo de lapidação x peso da gema	53
Figura 4.5)	Rendimento x peso da gema	54
Figura 4.6)	Rendimento x área da gema	54
Figura 5.1)	Fluxo de caixa de operação do conjunto mecanizado	60
Figura 5.2)	Valor líquido presente x Δ Investimento	63
Figura 5.3)	Valor líquido presente x Δ Custo da matéria-prima	64
Figura 5.4)	Valor líquido presente x Δ Rendimento	66
Figura 5.5)	Valor líquido presente x Δ Eficiência	67
Figura 5.6)	Valor líquido presente x Δ Custo operacional	68
Figura 5.7)	Valor líquido presente x Δ Preço de venda	69
Figura 6.1)	Fluxo de caixa de operação da oficina de lapidação manual	77
Figura 6.2)	Valor líquido presente x Δ Investimento	80
Figura 6.3)	Valor líquido presente x Δ Custo da matéria-prima	81
Figura 6.4)	Valor líquido presente x Δ Rendimento	83
Figura 6.5)	Valor líquido presente x Δ Eficiência	84
Figura 6.6)	Valor líquido presente x Δ Custo operacional	85
Figura 6.7)	Valor líquido presente x Δ Preço de venda	86
Figura 8.1)	Fluxo de caixa da lapidação mecanizada	94
Figura 8.2)	Fluxo de caixa da lapidação manual	94
Figura 8.3)	Fluxo de caixa incremental	95
Figura 9.1)	Distribuição de probabilidade do investimento em equipamentos (lapidação mecanizada)	97
Figura 9.2)	Distribuição de probabilidade do investimento em instalações (lapidação mecanizada)	97

Figura 9.3)	Distribuição de probabilidade do custo de matéria-prima (lapidação mecanizada)	98
Figura 9.4)	Distribuição de probabilidade das receitas anuais (lapidação mecanizada)	98
Figura 9.5)	Distribuição de probabilidade do custo operacional (lapidação mecanizada)	99
Figura 9.6)	Distribuição de probabilidade das despesas indiretas (lapidação mecanizada)	99
Figura 9.7)	Distribuição de probabilidade do investimento em equipamentos (lapidação manual)	100
Figura 9.8)	Distribuição de probabilidade do investimento em instalações (lapidação manual)	100
Figura 9.9)	Distribuição de probabilidade do custo de matéria-prima (lapidação manual)	101
Figura 9.10)	Distribuição de probabilidade das receitas anuais (lapidação manual)	101
Figura 9.11)	Distribuição de probabilidade do custo operacional (lapidação manual) ..	102
Figura 9.12)	Distribuição de probabilidade das despesas indiretas (lapidação manual).	102
Figura 9.13)	Fluxo de caixa da lapidação mecanizada	103
Figura 9.14)	Distribuição de frequência do valor presente líquido - lapidação mecanizada	105
Figura 13.15)	Distribuição de frequência da taxa interna de retorno - lapidação mecanizada	107
Figura 9.16)	Fluxo de caixa da lapidação manual	108
Figura 9.17)	Distribuição de frequência do valor presente líquido - lapidação manual .	110
Figura 9.18)	Distribuição de frequência da taxa interna de retorno - lapidação manual	112
Figura 10.1)	Preço de venda x anos (ametista martelada extra)	116
Figura 10.2)	Preço de venda x anos (ametista martelada forte)	116
Figura 10.3)	Preço de venda x anos (ametista martelada média)	117
Figura 10.4)	Preço de venda x anos (ametista martelada fraca)	117
Figura 10.5)	Preço de venda x anos (ametista martelada clara)	118
Figura 10.6)	Preço de venda x anos (citrino RS martelado extra)	118
Figura 10.7)	Preço de venda x anos (citrino RS martelado forte)	119
Figura 10.8)	Preço de venda x anos (citrino RS martelado média)	119
Figura 10.9)	Preço de venda x anos (citrino RS martelado fraco)	120
Figura 10.10)	Preço de venda x anos (citrino RS martelado claro)	120
Figura 10.11)	Preço de venda x anos (ametista lapidada extra)	121
Figura 10.12)	Preço de venda x anos (ametista lapidada forte)	122
Figura 10.13)	Preço de venda x anos (ametista lapidada média)	122
Figura 10.14)	Preço de venda x anos (ametista lapidada fraca)	123
Figura 10.15)	Preço de venda x anos (ametista lapidada clara)	123
Figura 10.16)	Preço de venda x anos (drusas e geodos de ametista - tipo Q1)	124
Figura 10.17)	Preço de venda x anos (drusas e geodos de ametista - tipo Q2)	125
Figura 10.18)	Preço de venda x anos (drusas e geodos de ametista - tipo Q3)	125
Figura 10.19)	Preço de venda x anos (drusas e geodos de ametista - tipo Q4)	126

Figura 11.1)	Geometria de medição para $d/8^\circ$	133
Figura 11.2)	Geometria de medição para $45^\circ/0^\circ$	134
Figura 11.3)	Diagrama de cromaticidade - CIE	135
Figura 11.4)	Espaço de cor no sistema CIE	135
Figura 11.5)	Elipses de McAdam	136
Figura 11.6)	Sistema de cor CIE-LAB	138

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal demonstrar a viabilidade econômica do processo de lapidação das ametistas encontradas no Estado do Rio Grande do Sul, indicando a rentabilidade do investimento na industrialização dessas gemas. Além dessa questão foram caracterizados os parâmetros técnicos dos processos de lapidação manual e mecanizada comparando a performance de cada uma dessas técnicas de lapidação no processamento da ametista gaúcha.

Foi realizado um estudo de tempos e movimentos a partir dos testes práticos de lapidação manual e mecanizada de lotes de ametista e citrino RS desenvolvidos nas instalações do Centro de Formação Profissional SENAI de Gemologia em Lajeado - RS onde foram levantados os parâmetros técnicos de desempenho das duas técnicas de lapidação. Após o levantamento do desempenho técnico de cada processo de lapidação foi realizada uma estimativa da necessidade e dos custos de aquisição dos equipamentos principais, bem como de todos os custos operacionais das duas alternativas de lapidação.

Com esses dados foi desenvolvida uma análise de viabilidade econômica de cada uma das alternativas de lapidação e após, uma análise econômica comparativa com o objetivo de apontar a técnica mais adequada para a industrialização das gemas gaúchas.

Devido as incertezas que acompanham os procedimentos de estimação utilizados, foram desenvolvidas análises de sensibilidade e determinação do ponto de equilíbrio visando indicar o nível de riscos e incertezas que acompanham cada alternativa, bem como o comportamento da lucratividade do projeto frente a variações nos parâmetros técnicos e econômicos definidos.

Para avaliar-se a valorização econômica obtida com a lapidação das ametistas gaúchas foi realizada uma segunda etapa de testes práticos onde foram levantados os rendimentos mássicos de gemas lapidadas e após a composição média em termos de valorização econômica de cada produto obtido nas etapas de industrialização de ametista: geodo em bruto x pedra martelada x gema lapidada.

Por fim foi realizada uma análise macroeconômica da industrialização da ametista gaúcha onde foram levantados os benefícios econômicos e sociais ao Estado do Rio Grande do Sul em termos de valorização da matéria-prima, arrecadação tributária e geração de empregos para os níveis atuais de produção.

A técnica de avaliação técnica econômica desenvolvida na presente tese pode servir de guia para o desenvolvimento de estudos de viabilidade para qualquer tipo de investimento no setor mineral, fazendo-se as adaptações necessárias para estimação dos parâmetros técnicos e econômicos.

ABSTRACT

This thesis has the main objective to evaluate the economical feasibility of the cutting process for the Rio Grande do Sul's amethyst, showing the profitability of the gem's processing investments. Moreover, it was characterized the technical parameters of the manual and mecanized processes comparing this lapidary's technics performances for the gaúcha's amethyst processing.

A time and moving study was conduced from manual and mecanized practical cutting tests, carried out at the Centro de Formação Profissional SENAI de Gemologia at Lajeado - RS, that defines the technical performance parameters of the twice lapidary technics.

After the technical performance of the cutting processes were determined it was estimate the main equipment capital costs and the operational costs of the twice lapidary technics.

From the enable data it was developed an economical feasibility study for the two cutting alternatives. The follow step was a comparative economic analysis aimed at determining the most profitable alternative to industrialize the gaúcha's amethyst.

As a consequence of uncertain that follow the estimate technics used to determine the economical parameters, it was developed a sensitivity analysis. It was identified the breakeven point that indicates the risk and uncertain levels for each cutting alternative as well as the profit behavior related to technical and economical parameters changes.

To evaluate the economical valuation gained with the gaúcha's amethysts cutting, it was carried out a second practical tests battery that define the cutting gem's mass recovery and the earnings gained at the processing stages: raw amethyst x trimmed amethyst x faceted amethyst.

Finally, it was realized a macroeconomical study of the gaúcha's amethyst industrialization that shows the economical and social benefits for the Rio Grande do Sul's State in terms of raw material economical valuation, income taxes and man power generation at the actual production levels.

(1) INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta-se no mercado gemológico internacional como um dos maiores fornecedores de gemas de cor, sendo mundialmente conhecido pela qualidade e dimensão dos minerais produzidos. Dentre as oito principais províncias gemológicas mundiais, o Brasil destaca-se pela extensão territorial e pela variedade de espécies produzidas. Registra-se em nosso país a ocorrência dos maiores cristais de euclásio, olho-de-gato, kunzita, amazonita, água-marinha, citrino, ametista, ágata, topázio azul e morganita.

A riqueza natural do Estado do Rio Grande do Sul é indiscutível, o subsolo gaúcho é comparável a um museu mineralógico. Dentre os minerais preciosos existentes e que assumem proporção de importância econômica destacam-se a ágata, a ametista e o citrino Rio Grande (CEBRAE, CEAG/RS/BADESUL/IDERGS, 1977).

O Rio Grande do Sul é um grande produtor nacional de pedras preciosas, em especial a ágata e a ametista, respondendo por cerca de 50% do volume e 25% do total de exportações brasileiras do setor (CACEX, 1987) e a quase totalidade das exportações dessas duas pedras preciosas (SENAI/RS, 1989).

No Rio Grande do Sul, a ágata e a ametista foram descobertas há aproximadamente um século, não se conhecendo atualmente suas reais reservas. Essa situação caracteriza um potencial gemológico-mineral que não foi satisfatoriamente dimensionado no Estado. A falta de estudos geológicos básicos e do acompanhamento técnico durante a extração de gemas, implica em um aproveitamento inadequado das jazidas, acarretando um baixo índice de produtividade e aproveitamento do bem mineral.

Até o mês de setembro de 1977 a exportação gaúcha equivaleu a 28% do total de exportações brasileiras de pedras preciosas (exceto diamante), sendo que, desse valor, 75% foram de pedras em estado bruto. A exportação brasileira de ágata, ametista e citrino em estado bruto, no mesmo período, teve a participação de 93% originada da produção gaúcha. O citrino lapidado participou com apenas 2% das exportações brasileiras e os manufaturados de ágata e ametista produzidos no Rio Grande do Sul com 57% das exportações brasileiras desses produtos (CEBRAE/CEAG-RS/BADESUL/IDERGS, 1977).

De 1977 para cá a situação não se alterou significativamente visto que em 1991, segundo levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM), as exportações brasileiras de pedras preciosas, exceto diamante, alcançaram US\$ 141 milhões, sendo que 54% das pedras em estado bruto (Souza et al., 1994).

Embora se saiba que a exploração de pedras preciosas no Estado é realizada desde o final do século XIX, a industrialização é bem mais recente e acentua-se a partir da década de 70, com a utilização de equipamentos fabricados muitas vezes nas próprias empresas. Já nos anos 80, o processo de mecanização se intensifica e observa-se com isto uma gradual substituição das exportações de pedras em estado bruto pelas exportações de produtos manufaturados e lapidados (SENAI/RS, 1989).

A produção destina-se basicamente para o exterior pois no mercado interno são comercializados apenas 15 a 25% do total produzido, sendo os principais mercados a Alemanha, Japão e Estados Unidos (SENAI/RS, 1989).

Dos muitos problemas enfrentados pelo setor, que vão desde a inexistência de estudos para a determinação de ocorrências minerais e multiplicam-se na extração, industrialização e comercialização, destacam-se (Souza et al., 1994):

- As empresas não são bem estruturadas e, além, disso, são fabricados os mesmos produtos, ocasionando uma concorrência muito grande;
- Existem empresas notadamente exportadoras e outras tipicamente não exportadoras, sendo que as exportadoras comercializam basicamente pedras em estado bruto ou semi-elaborado;
- Devido à falta de incentivos governamentais e recursos humanos especializados, existe um pequeno desenvolvimento do produto que, juntamente com a pressão dos importadores, ocasionam a comercialização de grande parte das pedras em estado bruto com pequeno grau de industrialização e, conseqüentemente, valor agregado;
- A elevada carga tributária incidente sobre artigos de joalheria, em torno de 50% para as vendas internas (a média internacional é 15%), a confusa e complexa legislação fiscal e mineral e a competição desleal provocada pela produção informal não tem permitido o fortalecimento e a expansão do setor;
- Falta de mecanismos de extensão tecnológica e de apoio informal específicos para o setor;
- Inexistência de centros de pesquisa, de serviços de extensão tecnológica e de informação técnica-tecnológica, o que tem se constituído em fator negativo para o aumento da competitividade do setor a nível nacional e internacional.

Entre as principais deficiências e carências específicas das empresas do setor industrial de pedras preciosas no Estado do Rio Grande do Sul, destacam-se:

- Capacitação gerencial dos empresários deficiente, particularmente das micro e pequenas empresas;
- Carências de conhecimento em *design* industrial (produtos e processos) e nos métodos de desenvolvimento de produtos industriais;
- Métodos de gestão e produção obsoletos (equipamentos, ferramentas, insumos, automação, etc..) que prejudicam a produtividade e competitividade das indústrias;
- Pouca articulação entre os agentes econômicos do setor resultando em reduzida capacidade mercadológica (associativismo, apoio institucional, certificação de qualidade, centros de comercialização, feiras, etc.);
- Serviços de extensão e informação tecnológica (assistência técnica, consultoria, núcleo setorial de informação, etc.);
- Desenvolvimento, formação e especialização dos recursos humanos das instituições de apoio, do corpo operacional e gerencial das indústrias do setor.

Nesse contexto é importante o fortalecimento e desenvolvimento da infra-estrutura das instituições de apoio e fomento ao setor, capacitando-as para atender as demandas e necessidades das indústrias, através do treinamento e aprimoramento dos recursos humanos, desenvolvimento de processos e produtos, assimilação e repasse de modernas tecnologias e informações técnicas e tecnológicas.

1.2. MERCADO BRASILEIRO E INTERNACIONAL

O mercado brasileiro de gemas é bastante reduzido, consumindo de 5 a 10% da produção nacional, localizando-se basicamente nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Mato Grosso. Embora tenha apresentado, nos últimos anos, maior demanda para as chamadas pedras coradas (exceto o diamante), o mercado interno é ainda bastante incipiente e precisa ser melhor explorado (SENAI/RS, 1989).

Os principais pontos de venda são as cidades com afluência turística como Rio de Janeiro, São Paulo, Salvador, etc.. Na determinação do valor de uma pedra são levados em consideração os seguintes requisitos: cor, perfeição, tamanho, dureza e qualidade de lapidação. A decisão do preço de venda é feita mais em função do mercado do que de custos, os quais são agrupados empiricamente (Henriques, 1991).

Com relação à exportação, o setor é fortemente influenciado por três variáveis: a qualidade e *design* das gemas lapidadas, a carga tributária vigente e o grau de dificuldade para regularizar compras de matéria-prima adquirida nos garimpos. O principal segmento exportado é o de pedras em bruto onde as exportações de ágatas, esmeralda, ametistas e diamantes correspondem à 73% do total de pedras em bruto comercializadas (Henriques, 1991).

Embora existam cerca de 350 empresas que exportam oficialmente para 53 países, muitas vendas vem sendo realizadas diretamente aos importadores, normalmente nas zonas de produção e/ou comercialização. Estima-se que cerca de US\$ 200 milhões, principalmente de pedras em bruto saem do país anualmente de forma irregular. Para evitar tal prática o governo federal, através do decreto 99.472 de agosto de 1990, criou o Documento Especial de Exportação que torna desnecessária a avaliação prévia, e permitirá ao setor ampliar substancialmente suas exportações se também forem tomadas medidas para reduzir a elevada carga tributária, regularizar a aquisição de matéria-prima na origem (garimpos) e qualificar os recursos materiais e humanos envolvidos na industrialização de gemas minerais (Henriques, 1991; IBGM, 1992).

O mercado internacional divide-se basicamente em duas categorias: diamantes e pedras coradas. No que se refere a pedras coradas, trata-se separadamente safira, rubi, esmeralda e demais gemas coradas.

Os Estados Unidos tiveram em 1990 um decréscimo na importação de gemas de 3%, no entanto, essa redução se deve à significativa queda nas importações de esmeraldas e safiras, já que as demais pedras coradas tiveram aumento de 30%. O mercado japonês (maior importador mundial de pedras coradas em 1990) continua em crescimento. Na Europa, o mercado de pedras coradas apresenta tendência de estabilidade, sendo os principais países importadores a Alemanha, Itália, Suíça, França e Espanha, que buscam cada vez mais pedras lapidadas em formas diferentes das tradicionais e cores variadas (Henriques, 1991; IBGM, 1992).

Pode-se afirmar que as pedras coradas, a persistir a tendência atual de utilizar combinações variadas de cor e forma, terão demanda crescente nos próximos anos (Henriques, 1991).

O comércio mundial de pedras preciosas envolve recursos da ordem de US\$ 5 bilhões/ano, com uma participação brasileira de aproximadamente US\$ 30 milhões/ano (0,6%), apesar do país ser responsável pelo suprimento de 40% do consumo mundial de pedras coradas, principalmente em bruto (Tubino da Silva et al, 1992).

As reservas de ametista e ágata do Estado do Rio Grande do Sul são as maiores do Brasil, sendo o maior produtor e exportador nacional. Anualmente algumas milhares de toneladas dessas pedras são exportadas em estado bruto, gerando divisas consideráveis que se tornariam insignificantes se as gemas fossem beneficiadas através da industrialização e transformadas em jóias e peças de adorno e somente depois exportadas (Tubino da Silva et al, 1992).

1.3. PRINCIPAIS DEPÓSITOS NO RIO GRANDE DO SUL

As reservas de pedras preciosas garantem ao Rio Grande do Sul a posição de segundo maior produtor e exportador brasileiro no setor, atrás somente de Minas Gerais. Embora se saiba onde estão as maiores jazidas de ágata, ametista e citrino, não se conhece exatamente o tamanho delas. As principais jazidas de ágata localizam-se na região de Salto do Jacuí, enquanto que as ametistas e citrinos podem ser encontrados nas regiões do Alto Uruguai e Fronteira Sudoeste.

Na localidade de Ametista do Sul, estima-se que existam cerca de 2.000 frentes de garimpo, que rendem de 250 a 300 toneladas/mês. Cada quilo de pedra bruta vale US\$ 4,0 no garimpo, o que significa um total de US\$ 1 milhão extraídos por mês. Valores semelhantes poderão ser extraídos em Quaraí e Livramento. No Estado, as únicas atividades de beneficiamento são a martelação de ametista (estágio preparatório para lapidação) e confecção de chapas, encosto de livro, cinzeiros, chaveiros e algumas peças de artesanato mineral, sendo o maior volume da pedra extraída exportada em estado bruto. A ametista martelada alcança um preço de venda entre US\$ 2.000 e US\$ 3.000 por quilo do mineral, que poderiam ser valorizados enormemente se levarmos em consideração que países como Taiwan, Japão e Alemanha ganham pelo menos US\$ 16.000 por quilo de ametista lapidada.

O maior geodo de ametista da história foi descoberto em 1900 na Serra do Mar, cerca de 140 km ao norte de Santa Cruz do Sul, no Rio Grande do Sul. O geodo media 10 metros de comprimento, 2 metros de largura e 1 metro de altura, pesando cerca de 35 toneladas. Outras descobertas foram feitas no distrito de Lajeado, ao longo do rio Forqueta. Ametistas e ágatas foram encontradas em abundância, em geodos que pesavam entre 1 e 50 kg. Também foram encontradas, a partir da década de 50, ágatas com água aprisionada, com diâmetros de 2 a 20 cm. Algumas minas ricas chegam a produzir 1 tonelada de ágatas por metro de argila removida, mas outras rendem apenas 1 ou 2 kg (Bancroft, 1984).

Os principais tipos de depósitos de pedras preciosas no Estado do Rio Grande do Sul são obtidos em geodos (cavidade revestida pela deposição de matéria mineral, não completamente cheia) e drusas. O mineral geralmente é listrado, dada as deposições sucessivas, e a superfície externa é recoberta por cristais salientes. Os exemplos mais comuns são os geodos em basaltos (amígdalas) preenchidos por calcedônia e cristal de rocha, ametista ou citrino (Carraro et al, 1974).

No Rio Grande do Sul as principais gemas ocorrem nos derrames de lava basáltica que formam o Planalto da Serra Geral. Essa formação apresenta espessura máxima de cerca de 1.000 metros na região de Torres (cerca de 13 derrames sucessivos) e uma espessura de cerca de 50 metros na região próxima à fronteira com Uruguai e Argentina (Carraro et al, 1974).

Os principais constituintes dos basaltos são: plagioclásio (labradorita - feldspato) e piroxênios (augita e pigeonita). Outros constituintes normais na matriz são: quartzo, feldspato sódico, cloritas, serpentinas e tipos variados de vidro vulcânico. Os acessórios mais comuns são titanomagnetita e apatita. Ocasionalmente ocorrem olivina, anfibólio e biotita. O principal vulcanismo ocorreu na parte média do Cretáceo Inferior (120 - 130 milhões de anos) tendo, porém, as principais manifestações ocorrido no Jurássico Superior e mesmo antes (Carraro et al, 1974).

A coluna estratigráfica identifica a região de derrames basálticos onde ocorrem as principais gemas gaúchas como pertencendo à Formação Serra Geral, Grupo São Bento, idade entre Jurássico e Cretáceo, correspondendo à era Mesozóica (Schneider, 1965).

Nos basaltos ocorre mineralização com zeólitas, minerais de cobre, quartzo e variedades e argilo-minerais, que preenchem as amígdalas da Formação Serra Geral. As principais ocorrências do Estado do Rio Grande do Sul são de origem primária e recebem o nome de geodos ou drusas. São depósitos ligados ao vulcanismo associado (Schneider, 1965).

Os principais depósitos de ágata se encontram nos municípios de Lajeado, Soledade, Passo Fundo, Espumoso e Cruz Alta. Com relação à variedade tipo "umbu" (própria para tingimento) os principais depósitos se encontram nas margens do rio Jacuí, principalmente na região da barragem do Salto do Jacuí (CEBRAE/CEAG-RS/BADESUL/IDERGS, 1977).

Com relação a ametista e citrino, os principais depósitos se encontram na região do Alto Uruguai (Planalto, Iraí, Rodeio Bonito, Frederico Westphalen e Nonoai) e nos municípios de Lajeado, Quaraí, Santana do Livramento e Alegrete.

Através de levantamento realizado pelo DNPM foram descritos os principais depósitos em operação comercial (MME/DNPM, 1984; MME/DNPM/CPRM, 1991):

1. Ametista - Quaraí/Livramento

Ocorrência: drusas, geodos

Encaixante: basaltos da Formação Serra Geral

Tipo de Lavra: garimpo

2. Ágata/Ametista - Lajeado, Caxias do Sul, Gramado, Nova Bréscia

Ocorrência: drusas, geodos

Encaixante: riolitos e andesitos da Formação Vulcânicas Ácidas

Tipo de Lavra: garimpo (800 ton/ano)

3. Ágata - Espumoso, Arroio do Tigre, Salto do Jacuí

Ocorrência: drusas, geodos

Encaixante: riolitos e andesitos da Formação Vulcânicas Ácidas

Tipo de Lavra: garimpo

4. Água - Fontoura Xavier, Soledade, Carazinho

Ocorrência: drusas, geodos

Encaixante: riolitos e andesitos da Formação Vulcânicas Ácidas

Tipo de Lavra: garimpo

5. Ametista - Seberí, Frederico Westphalen, Planalto, Irai, Rodeio Bonito, Ametista do Sul

Ocorrência: drusas, geodos

Encaixante: basaltos da Formação Serra Geral

Tipo de Lavra: garimpo e mina a céu aberto (paralisada)

A principal fonte de gemas no Rio Grande do Sul são as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Nessas rochas ocorrem jazidas de água e ametista que são as substâncias gemológicas mais conhecidas do Estado, em depósitos tipo "geodo em basalto (Juchen et al, 1987).

A água e ametista ocorrem no interior de cavidades em derrames basálticos da Bacia do Paraná, de idade Jurássico-Cretáceo, aproximadamente 147 a 119 Ma (Juchen et al, 1987).

A Formação Serra Geral é constituída de derrames superpostos, descontínuos, e que apresentam espessuras variáveis da ordem de 1 a 10 m, com ocorrências de até 40 m. Aparecem em número variável de uma região para outra, existindo mais de 20 derrames em determinadas áreas, podendo atingir até 1.700 m de espessura. As rochas da Formação Serra Geral são predominantemente basaltos toleíticos e seus equivalentes intrusivos, diabásios e gabros, mostrando variações locais para basaltos alcalinos e andesitos-basaltos, às vezes recobertos e intercalados por lavas dacíticas e riolíticas (Juchen et al, 1987).

Os derrames podem apresentar a seguinte variação estrutural: na base ocorre uma zona vítrea devido ao rápido resfriamento da lava, passando gradativamente para um basalto fino com fraturas predominantemente horizontais. Segue um basalto mais cristalino (granulação mais grosseira), onde predominam fraturas verticais, sendo às vezes maciço. Na parte mais superior do derrame ocorrem espaços vazios (vesículas) formadas pela apreensão de gases que se separaram do magma. Estruturalmente, as mineralizações com água e ametista se dão na zona vesicular, onde aparecem os minerais secundários do preenchimento das cavidades, formando os geodos. Estes geodos encontram-se disseminados caoticamente nesta zona, podendo existir em abundância em certos pontos, como também inexistirem (Juchen et al, 1987).

As mineralizações de ametista ocorrem em níveis bem determinados dos derrames basálticos, geralmente contidos na zona maciça do derrame. Abaixo da zona amigdaloidal ocorre um nível de 2 a 3 m de partição conchoidal típica, denominada pelos garimpeiros de "cascalho", sendo uma zona microvesicular e que serve de guia para obtenção dos níveis mineralizados (Chodur, 1990).

Os geodos apresentam forma arredondada e ovóide, às vezes irregulares, com dimensões de centímetros até 2 a 3 m de comprimento. A paragênese interior dos geodos é variada podendo aparecer ametista e/ou ágata, calcidônia, calcita, zeólitas, apofilita e opala. Estes geodos são revestidos externamente por filossilicatos verdes classificados como celadonita (Juchen et al, 1987; Chodur, 1990).

Além das ocorrências de ágata e ametista/citrino existem ocorrências de outros minerais que podem ser classificados como substâncias gemológicas. As principais substâncias gemológicas do Rio Grande do Sul são relacionadas com as rochas em que ocorrem na tabela 1.1 (Juchen et al, 1987).

Tabela 1.1) Principais substâncias gemológicas do Rio Grande do Sul

TIPO DE DEPÓSITO	TIPO DE ROCHA	ESPÉCIE	VARIEDADE
1. Depósitos em Rochas Vulcânicas	Subst. Macrocristalinas	Quartzo	Ametista Cristal de Rocha Leitoso Citrino
		Calcita Apofilita Zeólitas Gipsita- selenita	
	Subst. Micro e Criptocristalinas	Calcedônia	Ágata Ônix Jaspe
	Subst. Amorfas	Opala	Comum De Fogo
	Rochas	Vitreas Semi-vitreas	
2. Depósitos em Rochas de origem Sedimentar Gondwânicas	Madeira Petrificada		
3. Depósitos em Rochas do Escudo Sul-Riograndense	Serpentinóis		

1.4. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO ÀS REGIÕES PRODUTORAS

Os principais depósitos explorados no Estado do Rio Grande do Sul situam-se em áreas distintas (figura 1.1), no norte do Estado abrangendo a região do Alto Uruguai (ametista), mais ao centro do Estado, compreendendo a região do Salto do Jacuí (ágata) e a região da Fronteira Sudoeste (ametista) (MME/DNPM/CPRM, 1991).

Os principais depósitos de ametista da região do Alto Uruguai (figura 1.2) localizam-se nos municípios de Planalto, Irai, Ametista do Sul e Frederico Westphalen. O acesso a partir de Porto Alegre é feito pela BR-386 até a cidade de Frederico Westphalen (437 km) e a partir daí segue-se rumo SE por uma estrada não pavimentada (30 km) até a região de Planalto (MME/DNPM/CPRM, 1991).

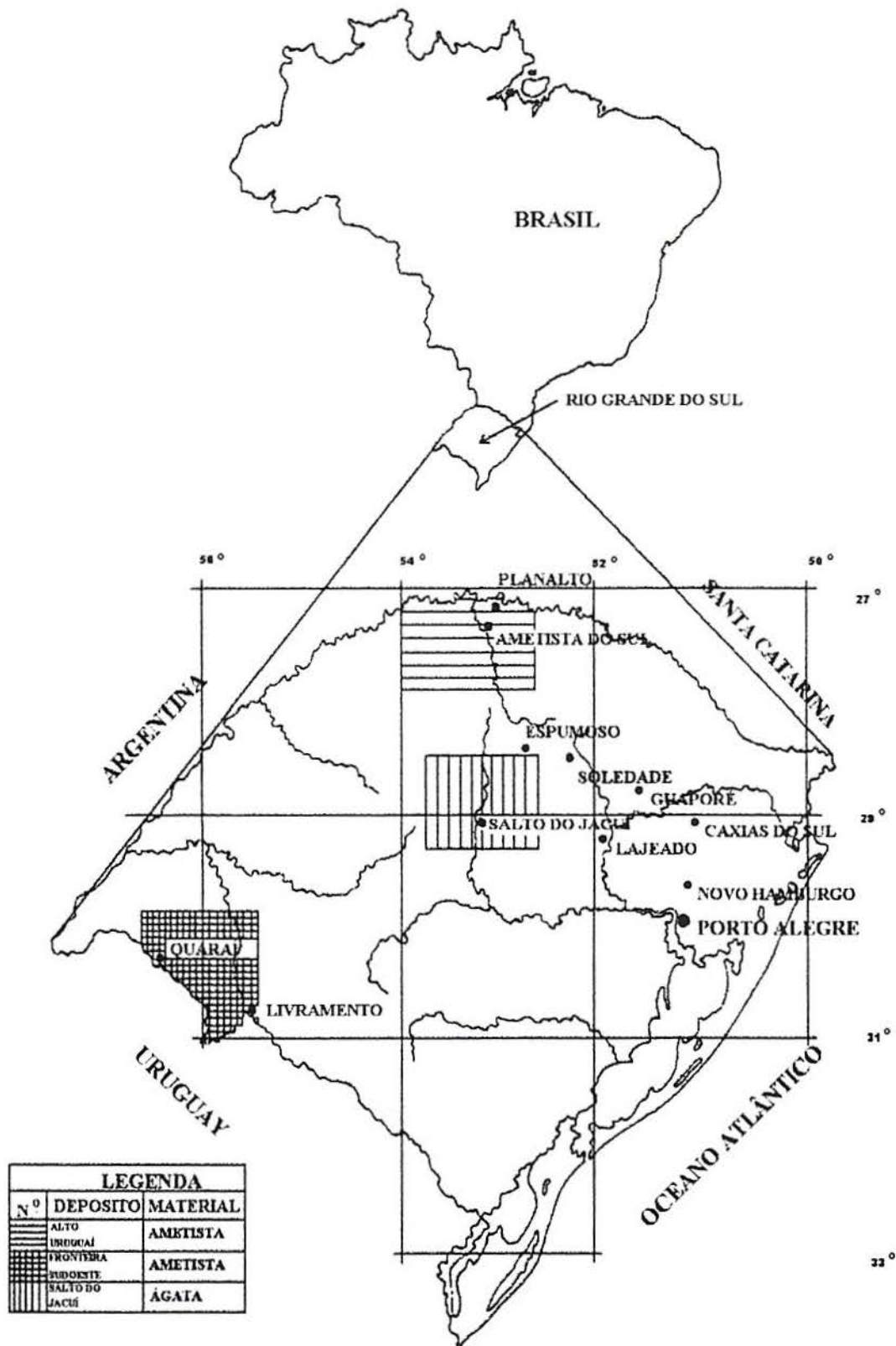

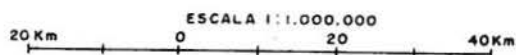


Figura 1.1) Principais depósitos explorados no Rio Grande do Sul

EON	ERA	PERÍODO	UNIDADES / LITOESTRATIGRÁFICAS	LITOLOGIA / AMBIENTE SEDIMENTAR
FANEROZOICO	MESOZOICO	TERCIÁRIO	<p>FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ</p> <p>KTt - </p>	<p>ARENITOS AVERMELHADOS FINOS A MÉDIOS COM NÍVEIS ESPARSOS DE ARGILA AVERMELHADA. INTERCALAÇÕES DE ARENITOS CONGLOMERÁTICOS E CONGLOMERADOS COM MATRIZ SILTICO-ARENOSA E SEIXOS DE BASALTO E QUARTZO. ESTRATIFICAÇÃO PLANO-PARALELA, CRUZADA, PLANO-TABULAR E ACANALADA. AMBIENTE FLUVIAL.</p>
		JURO-CRETÁCEO	<p>JKsg - FORMAÇÃO SERRA GERAL</p>	<p>RIODACITOS A RIOLITOS AFÍRICOS DE COR CINZA-CLARA A MÉDIA, COM DISJUNÇÃO TABULAR DOMINANTE E INTERCALAÇÕES DE LENTES ARENOSAS A ARENO-CONGLOMERÁTICAS. DERRAMES VITROFÍRICOS DE COR PRETA A CASTANHA, SUBORDINADOS.</p> <p>JKsgp</p> <p>BASALTOS A ANDESITOS TOLEÍTICOS, DE COR CINZA-ESCURA A PRETA-ACINZENTADA COM DISJUNÇÃO COLUNAR DOMINANTE E INTERCALAÇÕES DE LENTES ARENOSAS.</p>

FONTE: Mapa Geológico do Estado do R.G.S. - esc. 1:500.000 - DNPM/1986. (Inédito)






-  - CIDADES
 - VILAS
 BR 396 - RODOVIAS PAVIMENT.
 - RODOVIAS S/PAV.
 - PRINC. DRENAGENS
 - LIMITE INTERESTADUAL
 - CONTATO GEOLÓGICO
 - GARIMPO/PANETISTA

Figura 1.2) Principais depósitos da região do Alto Uruguai

O principal conjunto de depósitos de ametista da região da Fronteira Sudoeste (figura 1.3), situa-se no município de Quaraí distante cerca de 650 km de Porto Alegre. O acesso, a partir de Santana do Livramento (550 km de Porto Alegre) é feito pela BR-293 e RS-183 (MME/DNPM/CPRM, 1991).

Os depósitos de ágata da região do Salto do Jacuí (figura 1.4) localizam-se nos municípios de Salto do Jacuí, Arroio do Tigre, Soledade, Espumoso, Barros Cassal e Sobradinho. Os principais depósitos localizam-se no município do Salto do Jacuí, mais especificamente nas localidades de Salto Grande do Jacuí e Estrada Velha. O acesso a partir da cidade de Espumoso (distante 300 km de Porto Alegre) é feita por estrada vicinal de 72 km (MME/DNPM/CPRM, 1991).

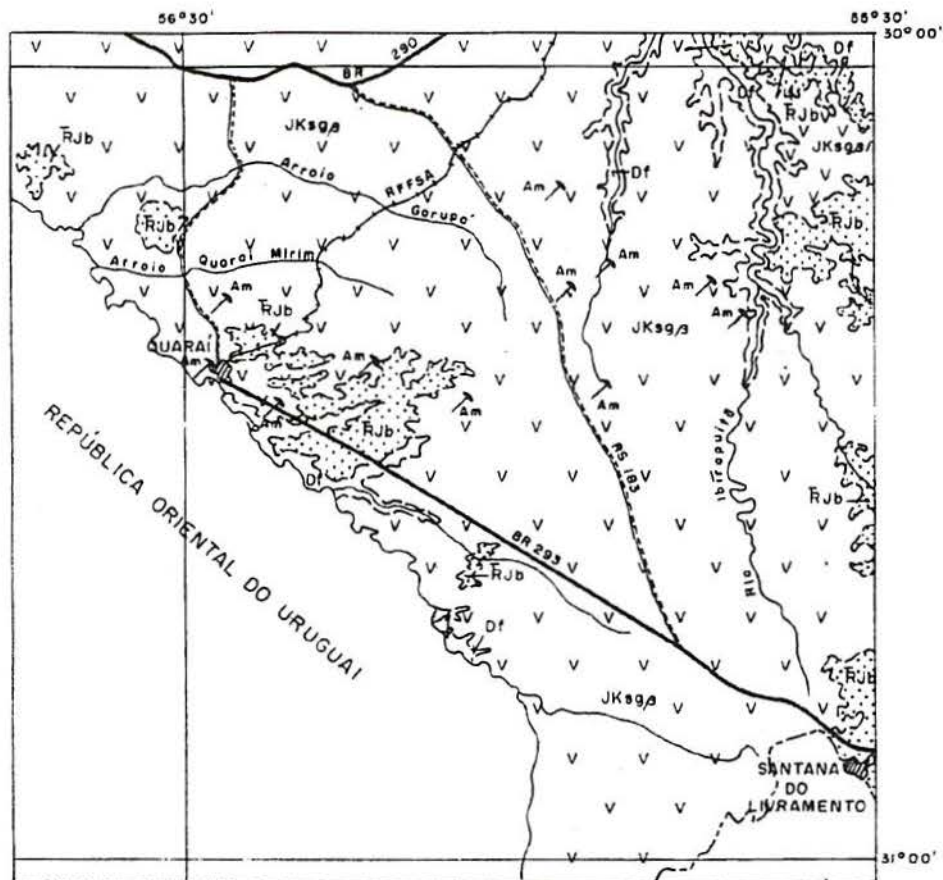
Além desses depósitos mais significativos são explorados garimpos de ametista nas localidades de Nova Bréscia, Lajeado, Encantado, Caxias do Sul, Uruguaiana, Passo Fundo, Barros Cassal, Gramado, e garimpos de ágata nas regiões de Santa Maria, Progresso, Três Pinheiros, Livramento e Cruzeiro do Sul.

1.5. ASPECTOS GEOLÓGICO-ESTRUTURAIS E MINERALÓGICOS

Os principais depósitos de ágata e ametista do Rio Grande do Sul ocorrem no interior de cavidades em derrames basálticos, estratigraficamente inseridos na Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, de idade Juro-cretácica, caracterizando depósitos do tipo "Geodo em Basalto". Estes derrames formam a maior exposição contínua de rochas ígneas do país, originadas pelo extravasamento de magma mantélico através de fraturas profundas da crosta terrestre (vulcanismo de platô), relacionado aos fenômenos de abertura do Atlântico-Sul, ocupando uma área da ordem de 1.200.000 km². A Formação Serra Geral recobre parte dos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, estendendo-se ainda pelos países limítrofes Uruguai, Argentina, e Paraguai. As rochas basálticas recobrem a Formação Botucatu, constituída por arenitos eólicos, de composição quartzosa, representando paleodunas depositadas em ambiente desértico. A ocorrência de camadas de arenitos intercaladas nos derrames basálticos (arenitos intertrápicos) sugere que as condições deposicionais do "Deserto Botucatu" coexistiram com os primeiros eventos vulcânicos. As rochas da Formação Serra Geral são predominantemente basaltos toleíticos e seus equivalentes intrusivos, diabásios e gabros, com variações locais para basaltos alcalinos e andesito-basaltos (Juchen et al, 1987).

Nos estados do sul, estes derrames são recobertos e as vezes intercalados por lavas dacíticas e riolíticas, provavelmente provenientes da contaminação crustal do magma basáltico original por material siálico (Juchen, 1987).

Os derrames são de composição basáltica toleítica com grande homogeneidade lateral e diferenças texturais e estruturais verticais notáveis. Possuem espessuras variáveis entre 20 e 40 m, podendo atingir até 60 m (Bancroft, 1984).



EON	ERA	PERÍODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	LITOLOGIA / AMBIENTE SEDIMENTAR
FANEROZOICO	CENOZOICO	QUATERNÁRIO	DEPÓSITOS FLUVIAIS Df 	DEPÓSITOS NÃO CONSOLIDADOS DE AREIA E CASCALHO
	MESOZOICO	JURO-CRETACEO	FORMAÇÃO SERRA GERAL JKsg 	BASALTOS A ANDESITOS TOLEÍTICOS, DE COR CINZA-ESCURA A PRETA-ACINZENTADA, COM DISJUNÇÃO COLUNAR DOMINANTE E INTERCALAÇÕES DE LENTES ARENOSAS.
		TRIÁSSICO	FORMAÇÃO BOTUCATU Rjb 	ARENITOS COR ROSA-CLARA, FINOS A MÉDIOS, COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA ACANALADA DE GRANDE PORTE. AMBIENTE EÓLICO.

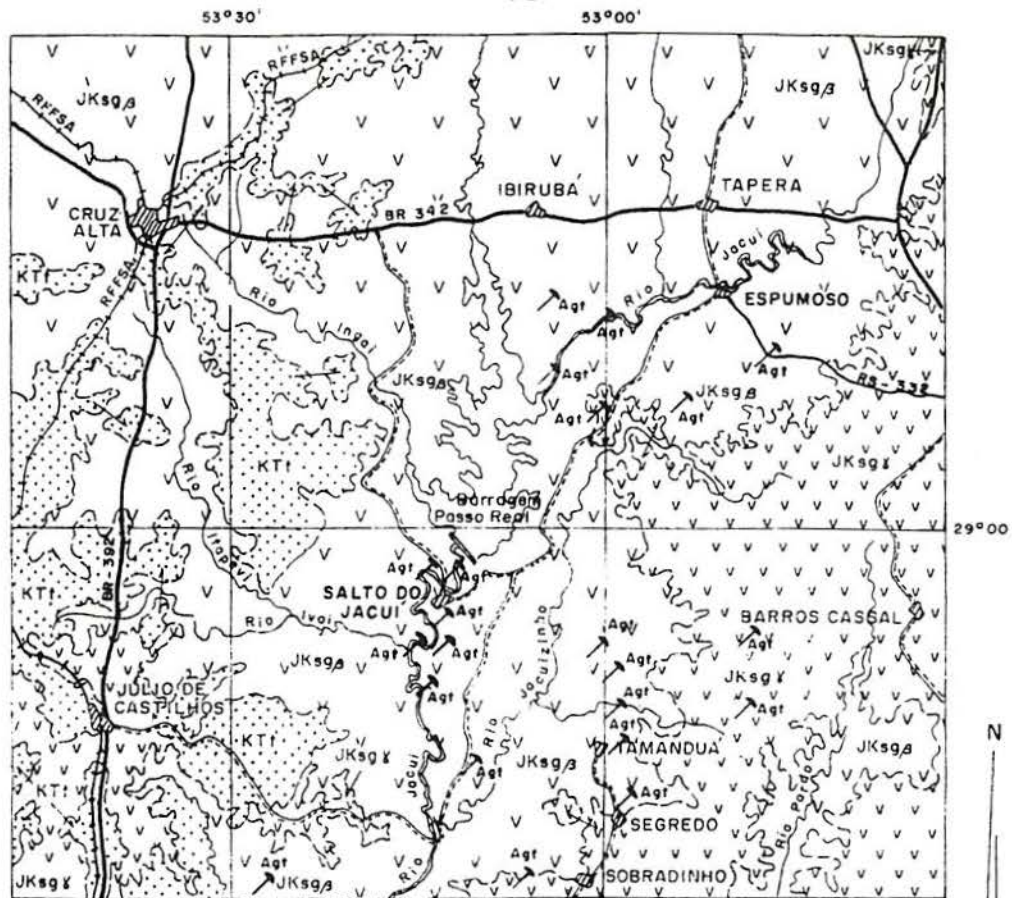
FONTE: Mapa Geológico do Estado do R.G.S. - esc. 1:500.000 - DNPM/1986. (Inédito).



ESCALA 1:1.000.000
20km 0 20 40km

- CIDADES
 - RODOVIAS PAVIMENT.
 - RODOVIAS S/PAV.
 - FERROVIA

- PRINC. DRENAGENS
 - LIMITE INTERNACIONAL
 - CONTATO GEOLÓGICO
 - GARIMPO/AMETISTA

Figura 1.3) Principais depósitos da região da Fronteira Sudoeste



EON	ERA	PERÍODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	LITOLOGIA / AMBIENTE SEDIMENTAR
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	TERCIÁRIO	FORMAÇÃO KTf - TUPANCIRETÃ 	ARENITOS AVERMELHADOS FINOS A MÉDIOS COM NÍVEIS ESPARSOS DE ARGILA AVERMELHADA. INTERCALAÇÕES DE ARENITOS CONGLOMERÁTICOS E CONGLOMERADOS COM MATRIZ SILTICO-ARENOSA E SEIXOS DE BASALTO E QUARTZO. ESTRATIFICAÇÃO PLANO-PARALELA, CRUZADA, PLANO-TABULAR E ACANALADA. AMBIENTE FLUVIAL.
		JURO-CRETÁCEO	JKsg - FORMAÇÃO SERRA GERAL 	JKsg δ - RIODACITOS PORFIRÍTICOS DE COR CINZA ACASANTADA COM DISJUNÇÃO TABULAR DOMINANTE. JKsg β - BASALTOS A ANDESITOS TOLEÍTICOS, DE COR CINZA-ESCURA A PRETA-ACINZENTADA COM DISJUNÇÃO COLUNAR DOMINANTE E INTERCALAÇÕES DE LENTES ARENOSAS.

FONTE: Mapa Geológico do Estado do R. G. S. esc. 1:500.000 - DNPM/1986. (Inédito).



Figura 1.4) Principais depósitos da região do Salto do Jacuí

Em atividades mineiras nas áreas basálticas as discontinuidades têm recebido especial atenção por constituírem feições importantes condicionantes das propriedades geomecânicas das rochas, ou guias para a prospecção do horizonte mineralizado em geodos de ágata e ametista. Observa-se, no entanto, que o diaclasamento primário dos derrames basálticos da Formação Serra Geral reflete apenas um padrão de fraturamento quando na realidade pode-se identificar no mínimo quatro padrões. Mesmo que a Bacia do Paraná tenha sido submetida a esforços predominantemente distensivos durante e após o extravasamento das lavas basálticas, as discontinuidades secundárias, principalmente aquelas situadas no núcleo dos derrames, apresentam evidências da atuação de esforços compressivos (Juchen, 1987).

Os derrames basálticos estruturam-se em zonas com características texturais e estruturais distintas, apresentando uma estratigrafia interna bem definida. Os derrames mineralizados mostram uma variação em sua cota de ocorrência e estratigrafia interna de região para região. Esta variação de altitude pode indicar o seccionamento dos derrames em blocos devido a falhamentos com movimentação predominantemente vertical. Através de análises fotogeológicas pode-se identificar a presença de lineamentos orientados segundo dois *trends* principais NE/NW. A hipótese de tectonismo rúptil afetando a continuidade dos derrames requer um mapeamento geológico-estrutural criterioso das áreas de ocorrência de mineralizações, já que não foi encontrada nenhuma evidência de movimento relativo de blocos (falhamentos). A extensão das unidades basálticas não é precisa, no entanto, alguns derrames podem ser acompanhados por toda uma região (região de Planalto p. ex.) e adjacências, de acordo com suas características estruturais e morfológicas visíveis em fotografias aéreas e no campo, apesar do relevo dissecado característico destas regiões (Juchen, 1987).

O espaçamento observado entre juntas dos principais maciços mineralizados fica em torno de 50 cm a 1 m em média, sendo muitas destas estruturas preenchidas por material singenético à mineralização como ágata, quartzo incolor, ametista, calcita e materiais secundários associados a alterações hidrotermais e lixiviação como óxido de Fe, celadonita e outros argilo-minerais. Este material de preenchimento apresenta uma espessura de 1 a 3 mm, chegando às vezes a 10 cm (Juchen, 1987).

As fraturas aparecem com espaçamento de 2 a 3 metros, com grande extensão longitudinal, podendo atingir todos os níveis de um derrame mineralizado, sendo preenchidas principalmente por celadonita e óxido de Fe e, subordinadamente, por ágata. A espessura do preenchimento fica em torno de 1 a 3 cm (Juchen, 1987).

Todas estas estruturas, principalmente as preenchidas por estes minerais indicadores, apresentam-se como ótimos guias de prospecção, visto que a concentração de geodos em bolsões é acompanhada por estas feições. Outros critérios devem ser utilizados para se obter uma maior segurança na investigação do horizonte mineralizado como, por exemplo, a cota altimétrica do mesmo e a tipologia e estratigrafia interna do jazimento (Corrêa, 1994).

Os principais depósitos de pedras preciosas do Rio Grande do Sul, em termos de industrialização e comercialização, localizam-se predominantemente nas cidades de Soledade, Lajeado e Salto do Jacuí (ágata) e Planalto, Ametista do Sul, Quaraí e Irai (ametista). O jazimento é do tipo geodo em basalto, constituindo bolsões mineralizados que ocorrem em níveis bem determinados dos derrames basálticos. A estruturação geológica dos depósitos de ágata, assim como nos depósitos de ametista, compreende uma sucessão de derrames basálticos pertencentes à Formação Serra Geral, lateralmente extensos e homogêneos, mas com grande diferenças texturais e estruturais entre si. A espessura dos derrames varia entre 20 e 40 m, podendo no entanto atingir valores menores (5 a 6 m) e maiores (60 m). Entre os derrames da Formação Serra Geral, pode ocorrer arenitos interderrames (ou intertrápicos), fortemente silicificados (Juchen, 1987).

De uma certa forma, a tipologia dos jazimentos em ágata e ametista obedecem a uma estruturação geral típica, com variações locais, de acordo com a estratigrafia da sucessão basáltica da região mineralizada. Os níveis ou zonas do derrame portador da mineralização podem ser descritos, de cima para baixo, da seguinte forma (Juchen, 1987):

a) Nível de basalto amigdaloidal de topo, constituído por basaltos bastante alterados de coloração cinza-esverdeada ou vermelho-acinzentada e fraturas incipientes, apresentando-se com aproximadamente 6 m de espessura, onde ocorrem as mineralizações em ágata e/ou ametista;

b) Nível intermediário vítreo, constituído por um basalto vítreo, maciço e pouco fraturado, com aproximadamente 1,5 m de espessura, onde se concentram geodos muito pequenos e sem interesse econômico.

c) Nível de basalto estéril, intensamente fraturado e alterado, variando de 5 a 10 m de espessura.

Sobreposto ao topo do derrame, onde encontra-se a mineralização, podem ocorrer derrames estéreis, sem esta estratigrafia interna identificável, onde observa-se intenso fraturamento. Em algumas jazidas, ocorrem camadas de brechas vulcânicas acima das zonas mineralizadas, constituindo camadas descontínuas e irregulares, freqüentemente lenticulares. As observações e estudos de campo realizados até o presente indicam um controle altimétrico das mineralizações, embora o número de derrames não seja suficientemente conhecido. A relação espacial e/ou genética das brechas citadas anteriormente com os níveis mineralizados deve ser melhor investigada, já que a sua presença não é constante, mas têm sido usada às vezes como guia de prospecção (Juchen, 1987).

Estruturalmente, as mineralizações em ágata e ametista ocorrem em uma zona vesicular dos derrames, aparecendo como minerais secundários de preenchimento das cavidades, formando os geodos. Estes geodos ocorrem disseminados nestas zonas, podendo existir em abundância em certas porções (bolsões), como também inexistirem (Juchen, 1987).

Os geodos portadores de mineralizações, principalmente as variedades cristalinas e criptocristalinas do mineral quartzo, apresentam-se em formas arredondadas ou ovóides, às vezes irregulares, com dimensões que variam desde poucos centímetros até 2 a 3 metros de comprimento, quando então alcançam até um metro de diâmetro. As paragêneses que ocorrem no interior dos mesmos podem ser extremamente variadas, sendo comuns além da ágata e ametista, calcedônia, cristal de rocha, calcita, zeólitas, apofilita e, subordinadamente, opala, depositados concêntricamente ou mais raramente em seqüências paralelas. Na região de Salto do Jacuí, verifica-se a ocorrência de geodos menores preenchidos somente por ágata. Na região de Planalto, as paragêneses tendem a ser mais variadas e os geodos maiores, iniciando a deposição de uma fina película de calcedônia, aparecendo em seguida cristais mais desenvolvidos de quartzo incolor fraturado ("sal"), cristal de rocha ou de ametista, ocorrendo às vezes os três tipos juntos. As fases finais de cristalização são representadas geralmente por calcita e zeólitas. Em termos de variedades criptocristalinas de quartzo, o Rio Grande do Sul apresenta as principais jazidas mundiais de ágata para tingimento, situadas predominantemente no município de Salto do Jacuí, estendendo-se à outros municípios da região de derrames basálticos (Juchen, 1987).

Acompanhando a ágata ocorrem também a enhidrita, pedra portadora de água, o sardônix, a cornalina, jaspe, dendrita e opala comum (Juchen, 1987).

Os estudos gemológicos realizados até o presente foram concentrados na caracterização da ametista, já que é o mineral que fornece o maior número de informações possíveis de correlacionar com a geologia dos depósitos. A ágata é uma variedade criptocristalina do mineral quartzo (calcedônia bandada (Juchen, 1987).

A ametista ocorre predominantemente em formas cristalinas de dois romboedros - um positivo e outro negativo - que lhe conferem um aspecto de pirâmide. Associados, ocorrem dois prismas trigonais combinados, com aspecto hexagonal, na maioria das vezes de dimensões reduzidas. A maioria dos cristais apresentam um crescimento relativo desigual das faces do romboedro, sendo comum ainda imperfeições nas faces, que manifestam-se como marcas de crescimento.

Apresentam fraturamento conchoidal a irregular, aumentando a intensidade do mesmo em direção à base do cristal. Esta feição confere um aspecto leitoso a opaco aos prismas, enquanto que os romboedros apresentam-se com pouca ou nenhuma fratura interna. A cor das ametistas apresenta várias tonalidades de violeta, desde muito claro a muito escuro. Algumas espécies podem apresentar uma cor violeta com nuances azuladas. São freqüentes distribuição irregular de cor e zoneamento, quando observadas à vista desarmada (Juchen, 1987).

Em termos de diafaneidade, observa-se que nos romboedros a mesma varia com a tonalidade, de transparentes à translúcidos, às vezes quase opacos. Os prismas geralmente são translúcidos a opacos, devido ao fraturamento intenso. O índice de refração é 1,540 (n_o) e 1,550 (n_e), a birrefringência varia entre 0,008 e 0,011 e o caráter óptico é uniaxial positivo (Juchen, 1987).

Ao microscópio gemológico, com aumento de 20x a 50x, os cristais de ametista apresentam as "pontas" dos cristais (romboedros) bastante límpidas, exibindo poucas inclusões, fazendo com que os mesmos sejam mais aproveitáveis à lapidação. Como inclusões mais comuns, citam-se: distribuições irregulares de cor e zoneamento de cor, marcas de crescimento, inclusões de óxidos de ferro, minúsculos minerais incolores e anisótropos, tufos de cristais fibro-radiados, maclas polissintéticas, inclusões bifásicas e etc (Juchen, 1987).

O estudo das inclusões é importante porque permite caracterizar as gemas no mercado, diferenciando-as das gemas sintéticas, e também porque fornece informações importantes a respeito da origem dos depósitos.

1.6. MÉTODOS DE PROSPECÇÃO E PESQUISA

Na procura de jazimentos de ametista e/ou ágata praticamente não são utilizados métodos de pesquisa mineral tradicionais. Só mais recentemente estão sendo desenvolvidos esforços para avaliação e descoberta de novas jazidas de ametista, na região do Alto Uruguai, pelo Laboratório de Pesquisa Mineral da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Nos garimpos de ametista e ágata é utilizado como ponto de apoio um critério empírico, ou seja, a ocorrência de pequenos geodos preenchidos por calcedônia, celadonita ou quartzo incolor e pedaços de ágata que afloram na superfície do solo, encostas dos morros e perto dos rios. Com a retirada do espesso capeamento que recobre o horizonte mineralizado, pode-se encontrar: os geodos de ametista no saibro ou incrustados no basalto (região do Alto Uruguai) e a ágata em zonas de alteração do basalto, próxima ou não da rocha sã (região do Salto do Jacuí). Brechas espessas com filões de arenitos são também indícios muito favoráveis na prospecção de ametista (MME/DNPM/CPRM, 1991).

É comum muitas ocorrências de ágata serem descobertas ao acaso, entretanto os garimpeiros utilizam certos indícios para a sua procura. Um desses critérios constitui-se de certas silicificações que afloram na superfície e a concentração de pequenas vesículas e amígdalas preenchidas por quartzo, calcedônia e celadonita (CEBRAE/CEAG-RS/BADESUL/IDERGS).

De acordo com as conclusões dos trabalhos de pesquisa geológica mais recentes (Corrêa, 1994) é recomendada a pesquisa de cristais e lascas de cristais de ametista em depósitos aluvionais ou coluviais. Dentro do pacote vulcânico, a estruturação intraderrame típica é indicativa da potencialidade para ocorrência de geodos, enquanto que na unidade hospedeira a textura vesicular característica é associada com as concentrações de geodos, assim como a presença de horizonte de deposição afanítico. Esses elementos, quando utilizados em conjunto, fornecem meios suficientes para a detecção de unidades favoráveis à ocorrência de geodos, dentro da seqüência vulcânica, e para a identificação das potencialidades dos horizontes mineralizados.

1.7. MÉTODOS DE LAVRA

Na região de Salto do Jacuí encontram-se as ágatas de melhor qualidade do país. O trabalho de lavra é semi-mecanizado. A extração de ágata é feita de duas formas: extração à céu aberto, no manto de alteração, podendo ser feita tanto no solo como na rocha decomposta; e extração por meio de galerias subterrâneas de encosta, a qual é realizada sobre a rocha alterada (Juchen, 1987).

A exploração é feita a partir da retirada da rocha da capa de alteração, incluindo o solo de regolito onde ocorre a mineralização. As frentes de trabalho desenvolvem-se ao longo de trincheiras abertas por tratores, atingindo uma largura de aproximadamente 20 metros, com uma profundidade próxima dos 10 metros, até atingir o nível mineralizado. A exploração no manto de alteração é mais utilizada, podendo ocorrer a abertura de galerias no nível mineralizado (Juchen, 1987).

A extração subterrânea é feita através de galerias na rocha alterada, onde são abertos túneis horizontais nas encostas dos morros, ao longo do horizonte mineralizado. As entradas das galerias mostram uma configuração grosseiramente arredondada, possuindo uma largura média em torno de 2 a 3 metros, altura entre 1,5 e 2 metros e extensão variável entre 20 e 40 metros, podendo atingir até 100 metros quando a ventilação natural permite. Os túneis são abertos e desenvolvem-se na direção onde ocorre a maior concentração de geodos de ágata, sem obedecer a nenhum planejamento prévio lavra, podendo haver ramificações ou intercomunicações com galerias vizinhas (Juchen, 1987).

Alguns túneis apresentam-se bastante instáveis, devido ao estado avançado de alteração da rocha hospedeira. Na parte de geologia estrutural é importante ressaltar que os níveis onde ocorre a mineralização de ágata não apresentam nenhum controle estrutural tectônico evidente, observando-se que a mesma está relacionada à própria estruturação dos derrames. No entanto, a existência de grandes lineamentos que interceptam os depósitos indica que estas estruturas estão relacionadas à movimentos epirogenéticos ocorridos durante a evolução da Bacia do Paraná, associados aos quais ocorreram fraturas muito espaçadas, da ordem de 3 a 6 metros (Juchen, 1987).

Na região do Alto Uruguai, onde ocorrem as principais jazidas de ametista/citrino, os geodos são extraídos do manto de alteração, ou da rocha sã, através de extração à céu aberto (manto de alteração e rocha inalterada) ou extração através de galerias subterrâneas (rocha inalterada) (Juchen, 1987).

A extração à céu aberto é realizada através de 3 métodos principais (Juchen, 1987):

a) Realizada na rocha vesicular totalmente alterada, sendo a extração realizada com o auxílio de ferramentas manuais (pás, picaretas, enxadas, etc.); e em alguns casos com o uso de tratores de esteira. Os geodos aparecem geralmente quebrados, espalhados aleatoriamente no solo e apresentam quase sempre mineralizações de baixa qualidade.

b) Na rocha alterada são abertas frentes de trabalho nas encostas dos morros (peral), utilizando-se tratores de esteira, brocas vibratórias e explosivos a base de pólvora. Onde a coerência da rocha alterada é relativamente alta são abertas galerias com a finalidade de extrair geodos mais íntegros.

c) Para exploração na rocha inalterada, geralmente é retirada toda a capa de alteração (solo e regolito), sendo as frentes de trabalho desenvolvidas ao longo de trincheiras abertas na rocha, que podem atingir 1 a 2 m de profundidade e algumas dezenas de comprimento, utilizando, além de ferramentas manuais, brocas vibratórias e explosivos.

A extração através de galerias subterrâneas concentra-se na região do Alto Uruguai e o trabalho de lavra é semi-mecanizado, sendo a exploração da seguinte forma (MME/DNPM/CPRM, 1991)

a) Inicialmente é aberta uma rampa utilizando-se tratores de esteira na parte alterada mais o manto residual da rocha basáltica e o solo.

b) Abertura de túneis ou galerias de encosta (denominadas tocas ou brocas) na rocha mineralizada com o auxílio de ferramentas manuais. Também são utilizados explosivos caseiros (salitre, carvão vegetal, enxofre e pólvora) para abertura e desmonte rápido da rocha. A detonação é feita com bateria de 12 volts. As galerias apresentam dimensão variável, boca com 2 x 2,5 m e profundidade de 15 a 150 m. Em garimpos mais organizados são utilizadas perfuratrizes e marteletes pneumáticos para abertura dos furos onde são colocados os explosivos.

c) Detectada a presença do geodo o trabalho se processa manualmente com picareta e talha manual, que desbastam o basalto encaixante até a retirada do geodo. Dependendo das dimensões do geodo este trabalho pode levar semanas.

As operações de perfuração e desmonte são feitas utilizando-se o sistema de “fogo no duro” sem a definição de um plano de fogo padrão. Utiliza-se a furação à seco com perfuratriz pneumática manual e brocas integrais. Os furos realizados são curtos com 0,5 m de comprimento e inclinados, visando facilitar o desmonte da face livre. O avanço da galeria é propositalmente reduzido de forma a minimizar a destruição dos geodos de ametista que se encontram dispersos no maciço. A pólvora é socada nos furos com barras de ferro, sendo iniciada por energia elétrica da rede de iluminação, sem padrões de segurança adequados (Koppe et al, 1994).

As operações de carregamento e transporte são efetivadas de forma semi-mecanizada. O material desmontado é carregado manualmente em carretas automotoras acionadas por motor diesel em precário estado de manutenção, com aproximadamente 1 m³ de capacidade de carga. O trabalho manual de carregamento do material estéril e minério é árduo e demanda longo tempo, caracterizando uma operação limitadora na capacidade de produção do sistema. O material de desmonte transportado pelas carretas diesel desde as frentes de trabalho até o bota-fora, é basculado encosta abaixo numa operação em ponta de aterro (Koppe et al, 1994).

A grande maioria dos garimpos da região desenvolve as operações mineiras a partir de galerias de encosta adjacentes que progridem para o interior do maciço, estando algumas vezes interligadas por travessões distribuídos aleatoriamente. O caráter errático da mineralização determina a geometria das galerias, de modo que as suas dimensões variam bastante. Como valores médios pode ser assumido uma área de seções em torno de 10 metros quadrados e um comprimento de 40 metros (Koppe et al, 1994).

Atualmente a produção é de aproximadamente 150 - 250 ton/mês, sendo que dentro de uma avaliação de qualidade, podemos estimar em torno de 20% de pedras de excelente qualidade, 40% de média e 40% de baixa qualidade. As percentagens correspondentes a cada uma das partes num cristal são divididas da seguinte maneira: 40% para os garimpeiros, 20% para os proprietários do serviço, 20% para os proprietários da rampa e 20% para o proprietário do imóvel, sendo que o preço fixado para a venda dependerá de um acordo a que chegarem ambas as partes, garimpeiro e comprador (Felleberg, 1994).

1.8. MÉTODOS DE BENEFICIAMENTO

O beneficiamento da ametista e do citrino RS consiste no aproveitamento das partes mais perfeitas dando às mesmas formas, facetamento e polimento perfeito. Ao lapidário é indispensável o conhecimento da estrutura das pedras, clivagem, índice de refração, dureza e posição da mesa em relação à cor para um perfeito aproveitamento da gema (SENAI/RS, 1975; CACEX, 1987).

Os geodos e drusas de ametista são lavados para retirada dos excessos de material existente, areia e argila, e após submetidos a um estudo minucioso para decidir-se o destino da peça: espécimes de coleção ou ornamentação ou desbaste por martelo (martelação) visando sua futura lapidação.

A primeira etapa preparatória à lapidação é fazer um estudo detalhado, visando determinar e localizar defeitos que serão removidos na etapa de martelação e avaliar-se o rendimento do material bruto na lapidação (figura 1.5).

Cristais de ametista de cores fracas até incolor geralmente são tratados termicamente entre 350 e 580°C visando adquirir cores amarelo-claro à vermelho-acastanhado gerando uma gema denominada citrino Rio Grande. Ametistas e citrinos de tamanho pequeno vão diretamente ao formador. Outras de tamanho maior são serradas em partes menores. No processo de serragem são utilizados disco diamantado ou serra de diamantes.

Após as etapas de martelação e serragem vem a etapa de pré-formação, que esboça a forma final da gema lapidada de ametista ou citrino. Após formada, a gema adquire um formato que vai orientar o lapidador sobre a sua forma definitiva. O formador tem papel fundamental na lapidação pois a percentagem de aproveitamento da matéria-prima é em grande parte função de seu trabalho. Os equipamentos utilizados para a pré-formação são dois rebolos de esmeril montados em um eixo e movimentados por um motor de transmissão (figura 1.6). A água é indispensável na operação de pré-formação.

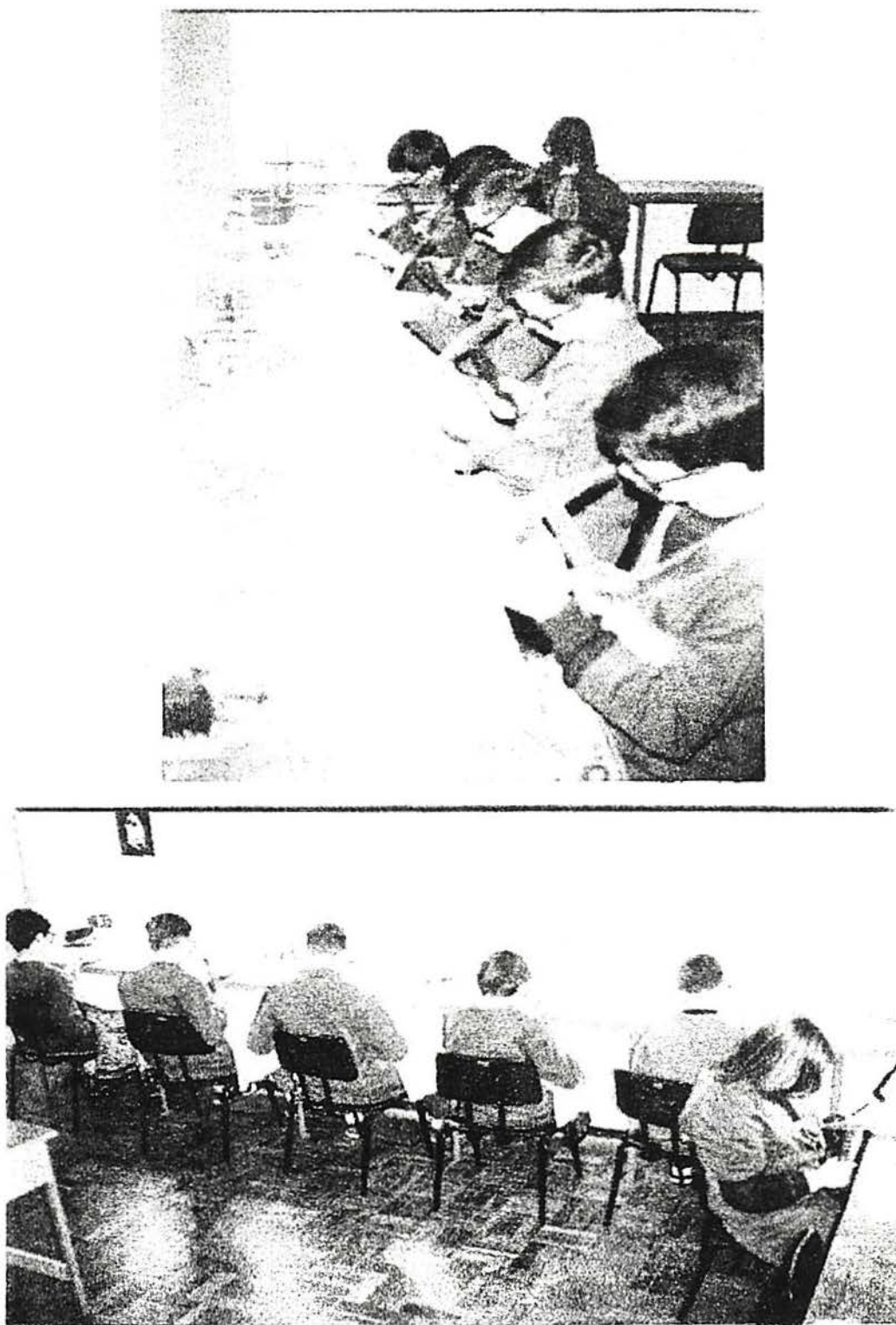


Figura 1.5) Equipamento para martelação



Figura 1.6) Equipamento para pré-formação de pedras preciosas

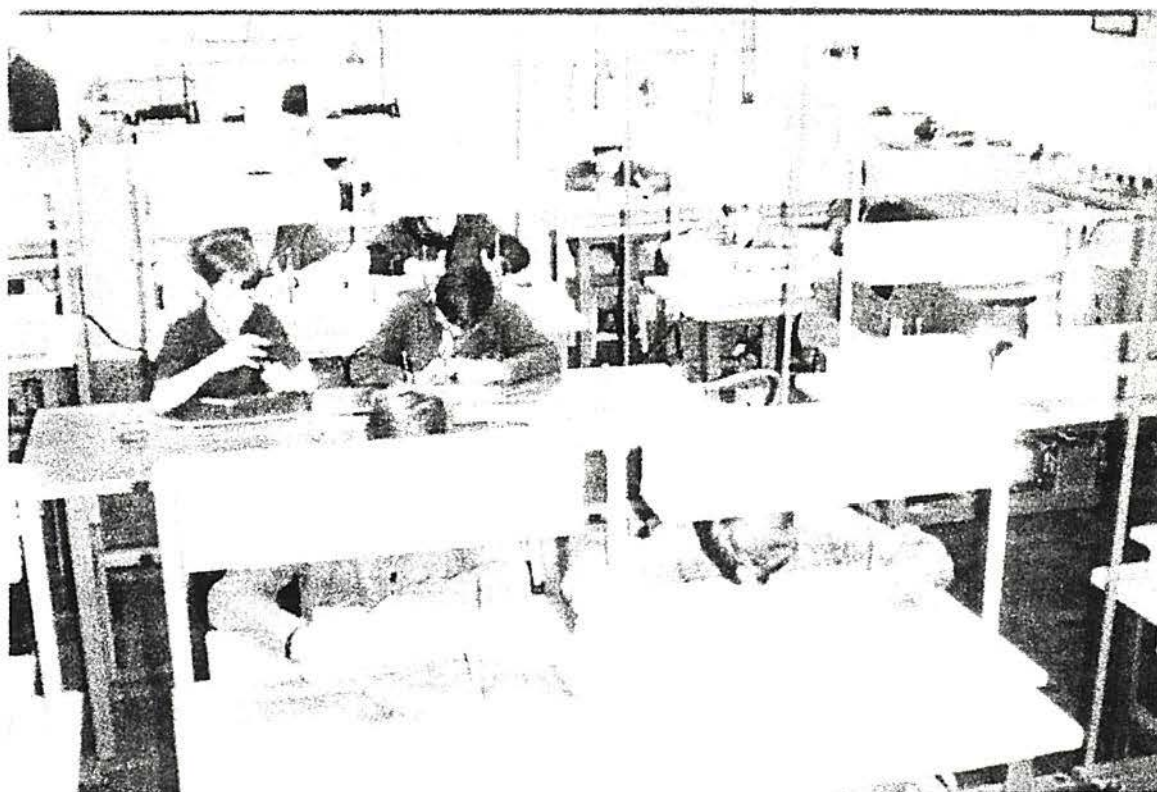


Figura 1.7) Equipamento para facetamento de pedras preciosas

Após formada, a gema é colocada nas canetas de facetar utilizando-se para prender a gema uma mistura de goma-laca, breu e gesso (lacre). A gema encanetada é desbastada no rebolo fino ou sofre o primeiro facetamento definitivo que consiste em cortar a mesa. Após pronta a faceta principal (mesa) passa-se para a etapa de facetamento ou corte das facetas laterais.

A etapa de facetamento ou corte consiste em cortar as faces da gema que esta sendo lapidada. O facetamento é feito na bancada de corte utilizando-se um suporte de madeira graduado (gabarito), caneta e disco de corte (figura 1.7). O disco de corte pode ser diamantado ou composto de uma liga de chumbo/estanho utilizando-se então carbureto de silício como abrasivo de corte. Nesta etapa é feito um controle de qualidade onde se verifica as dimensões e forma das gemas, proporcionalidade e ângulos entre as facetas e aproveitamento de matéria-prima.

Seguindo o processo de lapidação vem a etapa de polimento das facetas. O polimento é feito em bancadas semelhantes às bancadas de facetamento, tendo como diferença fundamental os discos de polimento que são feitos de uma liga de metais mais macia que o disco de corte (liga estanho/chumbo). Os discos após serem torneados e balanceados são ranhurados em forma radial e recebem a aplicação de pó de polimento (Trípoli) sob a forma de pasta.

Terminado o polimento as gemas são lavadas com água para retirada do excesso de pó de polimento e com álcool para retirada do excesso de lacre. Após as gemas passam por uma inspeção com lupa para verificar a qualidade do polimento das facetas e, posteriormente, são pesadas e classificadas em lotes visando a avaliação e determinação dos custos de fabricação.

No processo de beneficiamento da ágata (figura 1.8) inicialmente os geodos são lavados e submetidos a uma classificação visando determinar tipos, cor, peso, padrão de listas, ausência de cristalização de quartzo e homogeneidade. Após essa classificação os geodos podem ser exportados ou vendidos no mercado interno.

Posteriormente a classificação vem a serragem onde são definidos os formatos dos manufaturados de ágata: chapas finas ou grossas, cinzeiros, porta-livros, etc. (figura 1.9).

Após a serragem a ágata natural segue o processo normal ou passa por uma etapa de tingimento que consiste em um tratamento químico-térmico visando melhorar sua qualidade. Muitas cores podem ser obtidas artificialmente como o azul, verde, vermelho, marrom, amarelo, preto e outras.

A próxima etapa é a furação que engloba os processos de abertura de furos ou orifícios na ágata, para a fabricação de relógios, porta-jóias, porta-copos, copos, braceletes, etc. (figura 1.10).

Após a furação vem a etapa de lixa e polimento das superfícies com pó de Trípoli para realçar-se o brilho e a beleza das superfícies externas da ágata.

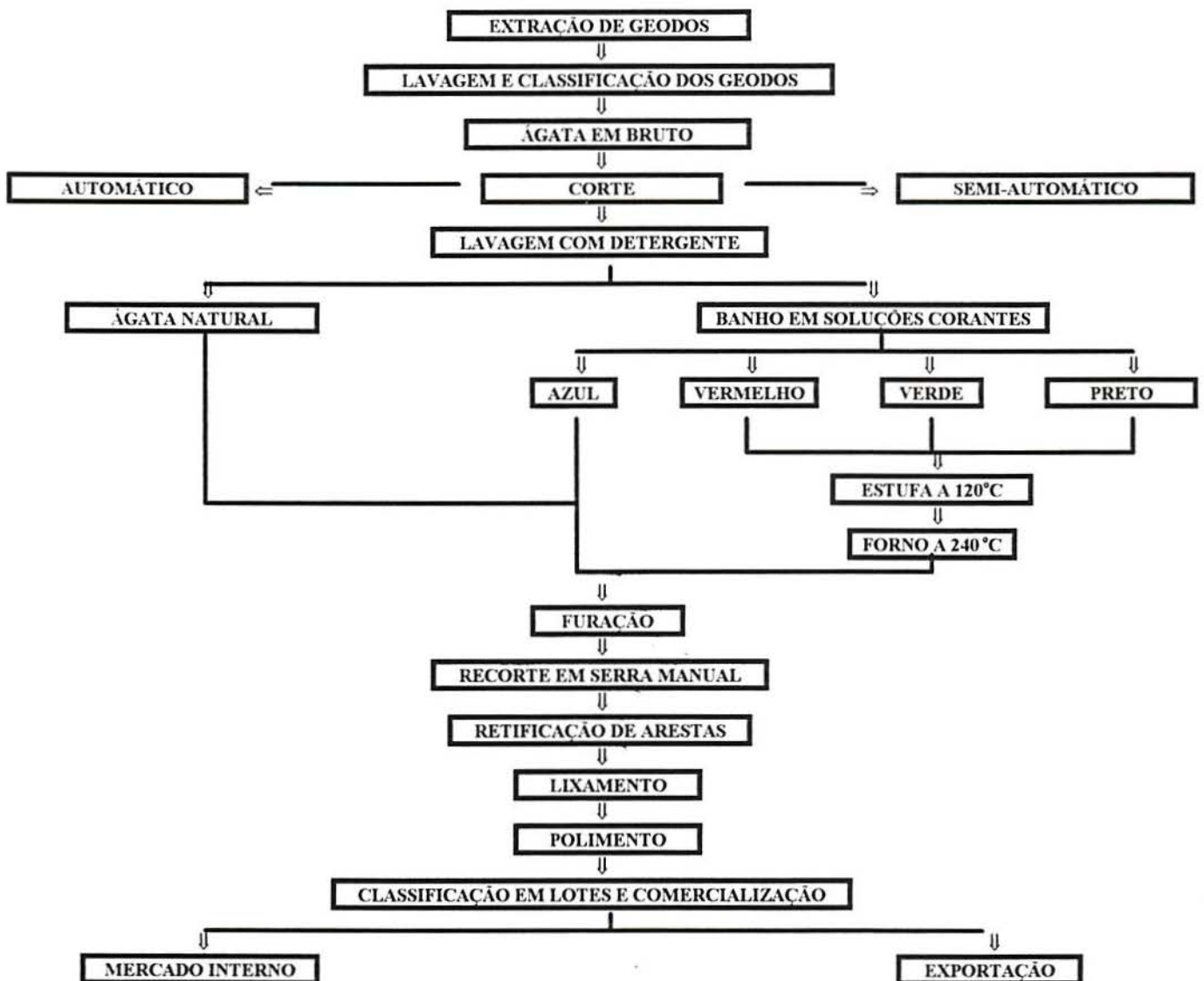


Figura 1.8) Fluxograma de beneficiamento da ágata

Após o polimento os objetos de ágata são pesados e classificados em lotes para determinação dos custos de produção e após exportados ou vendidos no mercado interno.

A utilização da ágata é bastante diversificada na confecção de objetos de adorno, bijuterias e esculturas em geral. Alguns equipamentos de laboratório, como almofarizes e cadinhos são feitos de ágata devido à sua tenacidade e resistência aos ácidos. Além desses produtos utiliza-se a ágata industrialmente para tratamento do couro, moagem de argilas para cerâmica, corte de sacos de leite, bombas de recalque, etc..

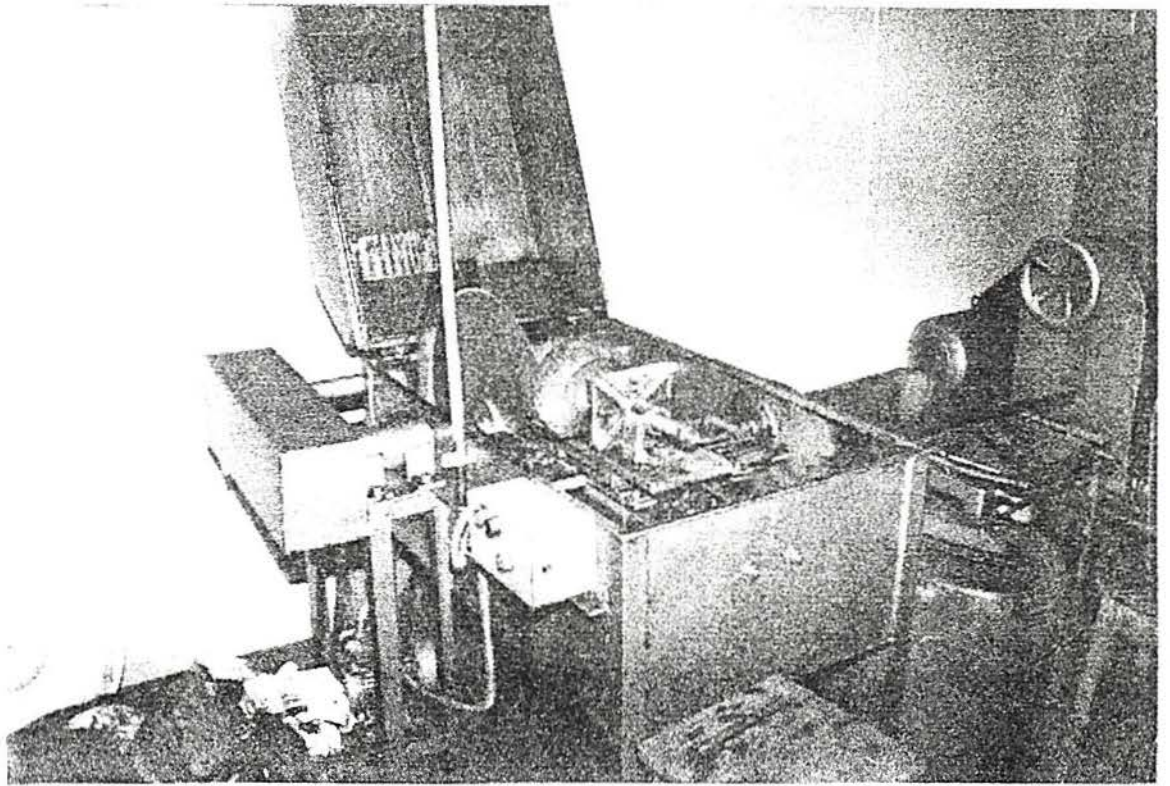


Figura 1.9) Equipamento para corte de ágata

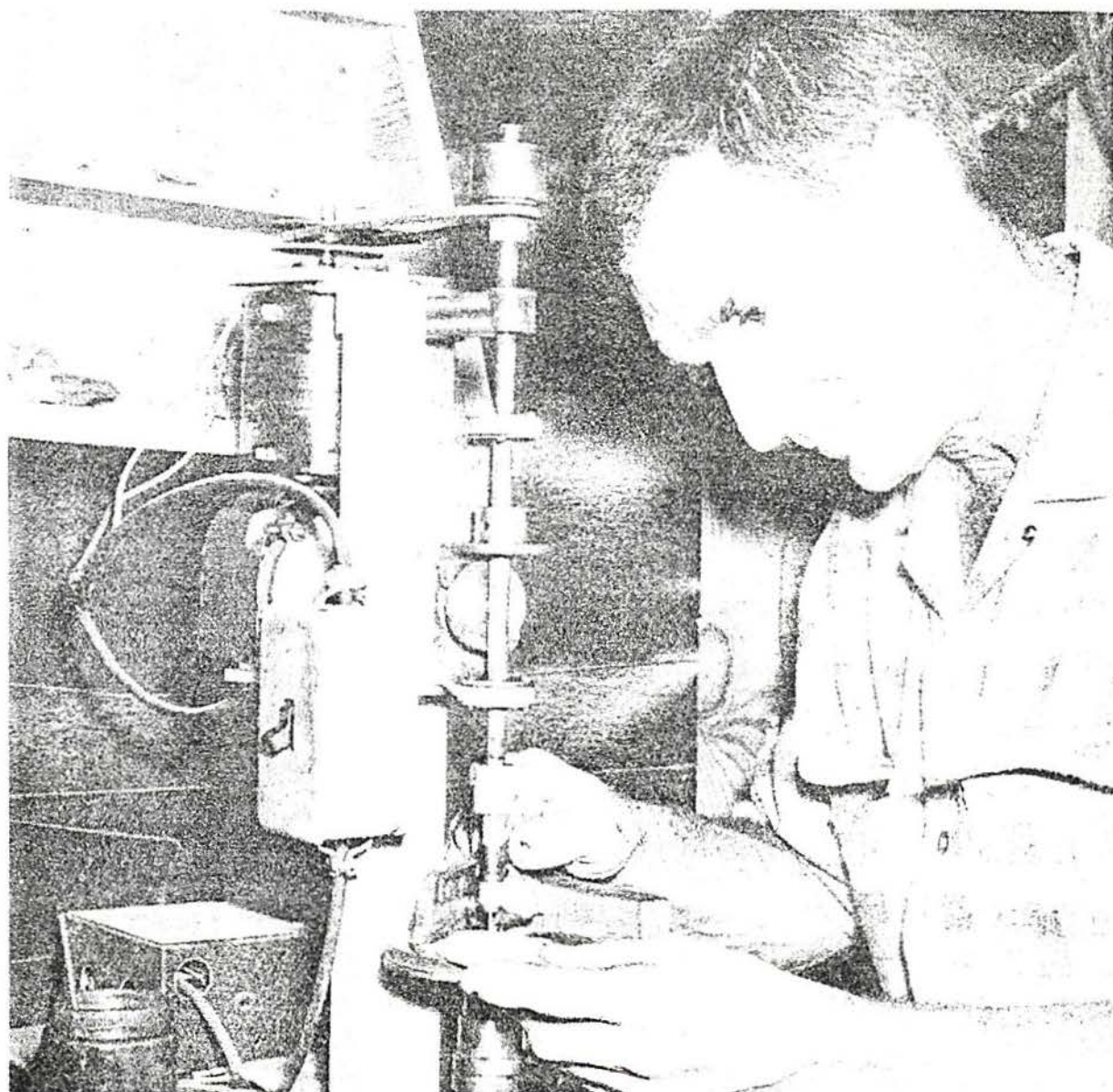


Figura 1.10) Equipamento para furação de ágata

O processamento de ágata é diferente do que o da ametista/citrino e envolve uma série de operações:

- a) Corte do geodo em serra circular de modo e ter-se uma idéia da qualidade da pedra e optar-se pela confecção de chapas ou aproveitamento como encosto de livro ou cinzeiro.
- b) Obtenção de chapas finas ou grossas de ágata que poderão ou não sofrer o processo de tingimento.
- c) Tingimento das chapas de ágata e do material comercializado como encosto de livro ou cinzeiro.
- d) Recorte das chapas para confecção de objetos de artesanato mineral. O recorte pode ser feito utilizando-se serras circulares, serras pneumáticas e furadeiras de coluna ou de bancada.
- e) Tratamento da superfície externa final das chapas e peças recortadas através de retificação, lixamento e polimento das superfícies com rebolos diamantados, lixas de cinta e pó de tripoli em rodas de feltro.
- f) Montagem e acabamento final de peças de artesanato mineral como relógios, esculturas, abajures, caixas de jóias, troféus, etc..
- g) Aproveitamento das sobras do recorte de chapas para obtenção de peças de bijuteria utilizando-se equipamentos específicos como copiadoras, minitornos, furadeira ultra-sônica, vibrador e equipamentos com ferramentas diamantadas para fabricação de cabuchões, ovos, bolas e pirâmides.

1.9. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR

O setor de industrialização de pedras preciosas no Rio Grande do Sul caracteriza-se pela existência de poucas empresas de grande porte que oligopolizam o mercado e se utilizam de um grande número de pequenas e micro-empresas para terceirização de sua produção. Assim tem-se 4 ou 5 empresas que dominam o mercado de comercialização com grandes estoques de produtos, e dezenas de pequenas e micro-empresas que especializam-se em fabricar determinados grupos de produtos destinados às grandes empresas (Souza et al, 1994).

O Rio Grande do Sul possui cerca de 10% do total de empresas de setor de gemas e metais preciosos, com cerca de 150 empresas nas áreas de extração e beneficiamento de pedras preciosas, e caracteriza-se por possuir um setor de extração de pedras preciosas bem desenvolvido que realiza tanto a comercialização de pedras em bruto (geodos, pedras marteladas) como também de manufaturados de ágata e gemas lapidadas. A industrialização de pedras preciosas vem crescendo nos últimos anos percebendo-se uma concentração de indústrias no município de Soledade, Guaporé, Caxias do Sul e Grande Porto Alegre. Os municípios que se destacam pela atuação na transformação de pedras preciosas e lapidação são:

- a) Martelação: Soledade, Lajeado e Estrela
- b) Lapidação: Lajeado, Porto Alegre, Soledade.
- c) Joalheria: Porto Alegre, Caxias do Sul e Novo Hamburgo.
- d) Bijuteria: Guaporé, Porto Alegre e Caxias do Sul.

Existe uma tendência atual de concentração das grandes empresas de beneficiamento de pedras preciosas no município de Soledade, onde já estão instaladas as 4 maiores empresas do Estado. A partir de pesquisa realizada pelo SENAI/RS no município, foram cadastradas 46 empresas atuando no setor de pedras preciosas empregando diretamente cerca de 2.000 pessoas em suas atividades (SENAI/RS, 1989).

As exportações de pedras preciosas no Rio Grande do Sul são basicamente de ágata em estado bruto ou semi-industrializado (chapas finas e grossas, cinzeiros, porta-livros), geodos em bruto ou pedras marteladas de ametista/citrino, com uma participação muito pequena de manufaturados de ágata, gemas lapidadas, peças de bijuteria ou joalheria (cerca de 5% do total em peso, correspondente a mais de 50% do valor apurado). As exportações geram divisas da ordem de 20 milhões de dólares/ano, sendo aproximadamente 60% oriundos do comércio de ágata. Aproximadamente 85% da produção é destinada ao mercado externo sendo os maiores consumidores a Alemanha, Japão e Estados Unidos. O mercado interno corresponde a 10 - 15% do total produzido, concentrando-se nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (SENAI/RS, 1975).

Segundo dados da CACEX a ametista lidera as vendas externas brasileiras de pedras em bruto, seguida pela ágata e esmeralda. Entre as pedras lapidadas, a primeira posição é ocupada pela esmeralda vindo a seguir a água-marinha, o topázio e a ametista, o que demonstra o pequeno grau de industrialização da ametista, principal gema encontrada no Estado do Rio Grande do Sul (CACEX, 1987).

1.10. PERSPECTIVAS DE OTIMIZAÇÃO DO SETOR

O setor de pedras preciosas no Rio Grande do Sul apresenta diversos problemas que se distribuem desde a fase de pesquisa geológica até o beneficiamento final e aproveitamento da gema.

No caso da pesquisa geológica, é praticamente inexistente a pesquisa mineral através dos métodos tradicionais de exploração, sendo as atividades baseadas em sua grande maioria na experiência e vivência pessoal dos garimpeiros utilizando-se pouca ou nenhuma técnica de prospecção geológica. Atualmente instituições de ensino superior, com cursos de graduação e pós-graduação na área de geologia e engenharia de minas (UFRGS/UNISINOS), junto com organismos governamentais (DNPM/CIENTEC), estão desenvolvendo esforços no sentido de se conhecer as características geológico-estruturais das jazidas e determinação de guias de prospecção confiáveis para possibilitar a descoberta de novos depósitos, cubagem das reservas e acompanhamento da lavra.

Nas atividades de lavra os problemas se multiplicam nos aspectos tecnológico, equipamentos, mão-de-obra e capacidade gerencial. Como a maioria das jazidas se encontra nas mãos de garimpeiros os métodos de lavra são improvisados e desenvolvidos sem a utilização de técnicas de engenharia e segurança ocasionando graves riscos de acidentes aos envolvidos no processo. Os equipamentos são ultrapassados e apresentam baixa eficiência e produtividade. A mão-de-obra é informal e desqualificada para as atividades estando continuamente se expondo a perigos de acidente. A capacidade gerencial é limitada pela falta de treinamento e conhecimento dos métodos de controle da produção e aspectos relativos ao mercado ocasionando uma dependência quase que total junto às grandes empresas que dominam o mercado regional.

No aspecto do beneficiamento os problemas também são grandes e se distribuem na falta de equipamentos e tecnologia modernas de transformação que não permitem um maior desenvolvimento dos setores de lapidação de pedras calibradas, que é o grande mercado mundial para a ametista e citrino, e lapidação de ágata; baixa qualificação da mão-de-obra disponível, que retarda o avanço tecnológico e mantém baixos índices de eficiência e produtividade ao setor; falta de "design" próprio para montagem tanto de peças de artesanato mineral como peças de bijuteria e joalheria; e problemas ligados à entraves burocráticos e excessiva tributação dos produtos industrializados que incentiva a exportação de pedras em bruto em detrimento dos produtos mais rentáveis.

Na pesquisa geológica e na extração das pedras em bruto (geodos) nos locais de ocorrência, é necessário a definição das reservas disponíveis (medida + indicada) e a determinação dos guias de prospecção específicos para cada tipo de mineralização em cada região. Essa responsabilidade poderia ser compartilhada entre DNPM e Instituições de ensino superior (UNISINOS e UFRGS) através de apoio dos órgãos de fomento à pesquisadores e projetos de pesquisa a nível de graduação e pós-graduação visando o detalhamento geológico-estrutural das ocorrências.

Paralelamente é necessário proporcionar aos mineradores, em sua grande maioria pequenos e microprodutores (muitas vezes arrendatários de terras e equipamentos), condições para o desenvolvimento dos recursos humanos através de cursos de treinamento subsidiados pelo SEBRAE, tanto na parte operacional como gerencial, e facilitar o acesso à tecnologias mais modernas e seguras de lavra mineral à céu aberto e subterrânea.

Face às distâncias existentes é interessante que as primeiras etapas do processo de industrialização (etapas de seleção, corte e tingimento de ágatas e etapas de seleção, desbaste, queima e martelação de ametista) seja realizado no próprio local de extração, retornando para as cavas de mineração os rejeitos desse processamento inicial evitando, dessa forma, que esse material todo seja transportado e armazenado nos locais de industrialização e comercialização.

O aumento no valor agregado ao produto final deve ser obtido através da industrialização completa da matéria-prima disponível, visto tratar-se de um recurso natural não-renovável, desenvolvendo-se constantemente os produtos, recursos humanos, processos produtivos e administrativos nos grandes centros de comercialização existentes no Estado do Rio Grande do Sul (Lajeado e Soledade). É necessário ao mesmo tempo que se desenvolva um amplo sistema de informações gerenciais que permita o levantamento dos custos reais de produção, formação do preço de venda, planejamento e controle da produção, administração de materiais e qualidade dos processos e produtos.

Na comercialização é preciso a formação de uma cultura moderna para projeto e desenvolvimento de novos produtos, explorando ao máximo a agregação de valor através dos processos de artesanato mineral, lapidação, confecção de bijuterias e joalheira. Com o aumento na intensidade de industrialização das pedras preciosas existentes podem ser obtidos grandes resultados em termos de geração de empregos e divisas para o Estado.

Com o objetivo de orientar, padronizar e manter uma estabilidade entre oferta e procura deve-se criar, em parceria com o governo do Estado, uma bolsa de pedras preciosas onde poderão ser certificados e negociados os diversos lotes de pedras preciosas lapidadas. Essa bolsa de pedras atua como agente de intermediação, órgão de fomento, normalização e padronização do setor e deve ser articulado com representantes do poder público, do setor produtivo e de consumidores internos e externos, através da Câmara Setorial de Pedras Preciosas.

Como consequência da certificação e garantia de qualidade dos lotes de pedras negociados deve-se desenvolver uma norma brasileira específica para pedras em bruto (marteladas) e pedras lapidadas indicando os parâmetros para valorização e definição do preço de venda final.

A capacitação de recursos humanos do setor deve ser articuladas pelas instituições existentes (SENAI/SEBRAE/DNPM/UFRGS/UNISINOS/CIENEC) nos níveis gerencial, operacional e de apoio ao setor. Existem no Estado atualmente diversos trabalhos realizados por equipes variadas que necessitam ser coordenados para definir-se a maneira mais racional de planejar-se o desenvolvimento do setor. As instituições de ensino superior podem realizar trabalhos nas áreas de pesquisa geológica, lavra e capacitação gerencial através do aporte e treinamento de técnicos nos cursos de graduação e pós-graduação e desenvolvimento de pesquisa tecnológica. O SENAI pode centrar sua atuação na formação e aprimoramento da mão-de-obra operacional, na capacitação gerencial (em conjunto com SEBRAE), projeto e desenvolvimento de produtos, nos processos de industrialização das pedras preciosas existentes e na disseminação de informações tecnológicas.

Uma forma de incrementar a geração de receitas, incentivar o mercado interno e a exportação é a redução da tributação incidente sobre produtos manufaturados em pedras preciosas, situando-o em torno de 12% que é a média internacional de tributação. Dessa forma se incentivará o consumo pelo setor joalheiro gerando divisas consideravelmente maiores se comparadas com a performance atual do setor de pedras preciosas gaúcho.

Conforme levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos - IBGM, a extinção do Imposto Único sobre Minerais (IUM, alíquota única 1%) e substituição pelo ICMS, a alíquota elevou-se de 1% para 12% à 18% inibindo dessa forma a livre circulação de matéria-prima entre as cidades e Estados da União. Além disso o ICMS passou a incidir também sobre as exportações de gemas em bruto e lapidadas contribuindo para a perda de competitividade das exportações do setor.

O Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos desenvolveu um Programa de Desenvolvimento Tecnológico para incentivar a industrialização de gemas e metais preciosos que prevê ações nas áreas de gestão empresarial e desenvolvimento tecnológico, formação e reciclagem de recursos humanos, promoção externa e adequação fiscal e tributária. Esse programa visa lapidar, com padrões internacionais de qualidade e preço de 90% da produção brasileira de gemas; industrializar para fabricação de jóias e folheados de ouro cerca de 50 toneladas/ano de ouro (80% da produção oficial brasileira de ouro primário); triplicar o índice de produtividade da indústria joalheira nacional; gerar um valor agregado adicional de mais de US\$ 1,5 bilhão/ano; gerar 15.000 novos empregos diretos no setor e divisas de exportação superiores a US\$ 1 bilhão/ano.

No Rio Grande do Sul o Centro de Formação Profissional SENAI de Gemologia, localizado no município de Lajeado constitui-se de um elemento de ligação com o Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos atuando como agente multiplicador de informações de interesse do setor através do Núcleo de Informações Tecnológicas e formador de recursos humanos qualificados para os setores de lapidação e joalheria.

Utilizando-se a estrutura laboratorial e as oficinas localizadas no CFP SENAI de Gemologia de Lajeado pode-se facilmente montar cursos volantes nas áreas de lapidação de ágatas, lapidação/martelação de ametistas/citrinos e joalheria, que poderão ser desenvolvidos nas regiões de ocorrência dessas substância gemológicas. Dessa forma espera-se fomentar a criação de uma cultura de aproveitamento integral dessas gemas o que tornará possível, além da valorização econômica e conseqüente aumento nos valores agregados gerados nas transações comerciais, uma elevação na qualificação e quantidade da mão-de-obra empregada no setor.

Com a criação da Câmara Setorial de Pedras Preciosas, pela Secretaria Estadual de Desenvolvimento e Assuntos Internacionais do Governo do Estado - SEDAI, abre-se a possibilidade de integração dos setores público e privado e o desenvolvimento de um plano de ação visando a otimização do setor de pedras preciosas nas áreas de formação de mão-de-obra, modernização da tecnologia de industrialização e melhoria nas técnicas de vendas e *marketing*. Paralelamente deve-se revisar a carga tributária incidente sobre produtos brutos, lapidados e jóias, de modo a garantir a competitividade da indústria nacional nos mercados interno e internacional. As ações nas quatro áreas citadas acima podem ser desdobradas para os setores de extração, martelação, lapidação e fabricação de jóias, otimizando as atividades características das indústrias que atuam nesses setores da economia do Rio Grande do Sul.

1.11. AÇÕES PARA APOIO AO SETOR DE PEDRAS PRECIOSAS DO RS

Com vistas ao desenvolvimento do setor e plena utilização do potencial gemológico do Rio Grande do Sul deve-se investir nas seguintes linhas de ação:

- Desenvolvimento de tecnologia adequada para a lavra de gemas para pequenas empresas com viabilização de linhas de crédito e incentivos fiscais que possibilitem ao garimpeiro adquirir máquinas e equipamentos mais eficientes, modernos e produtivos.

- Qualificação da mão-de-obra envolvida em todas as etapas do processo e também dos encarregados das áreas gerencial e técnica, que abranjam os níveis de administração superior, direção intermediária (se existir) e demais funcionários da empresa.

- Desenvolvimento e utilização de equipamentos que possam melhorar o padrão de qualidade e produtividade das atividades de beneficiamento de pedras preciosas. Como exemplo pode-se citar a utilização de equipamentos a jato d'água para corte de ágata, conjuntos mecanizados automáticos para lapidação de pedras calibradas de ametista e citrino, copiadoras semi-automáticas para confecção de bijuterias em ágata, aproveitamento de pedras calibradas na indústria de joalheria com utilização de tecnologias modernas e altamente produtivas tais como estamparia, microfusão e máquinas automáticas de joalheria e desenvolvimento da indústria de bijuteria com utilização de ágata lapidada, metais baratos (ligas estanho/chumbo - zamak, latão) e técnicas de tratamento de superfície (galvanoplastia de metais preciosos - ouro, prata, platina, ródio).

- Fortalecimento das instituições de ensino e formação de recursos humanos do setor de modo que as mesmas possam atuar tanto nas áreas de treinamento pesquisa e extensão tecnológica, serviços de informação, assistência técnica e gerencial, além de servir como base receptora na transferência de tecnologia externa.

- Eliminação de entraves burocráticos e fiscais para legalização dos garimpos e pequenas e micro-empresas, base atual do setor no Estado.

- Adequação da carga tributária incidente sobre os produtos industrializados colocando-a dentro dos padrões médios internacionais de modo a assegurar a competitividade dos produtos nacionais nos mercados interno e externo.

- Fortalecimento da Câmara Setorial de Pedras Preciosas, fórum de debates e encaminhamento dos problemas do setor, visando a criação de uma bolsa de pedras preciosas no Estado do Rio Grande do Sul, permitindo, dessa forma, uma normalização do mercado com garantias tanto para os compradores como para os vendedores de pedras preciosas e um plano de ação para o setor, que permita o desenvolvimento do potencial de industrialização desse bem mineral, com benefícios de ordem social e econômica para o Estado.

(2) EXPERIMENTAL

A presente tese de doutorado foi desenvolvida visando avaliar técnica e economicamente as possibilidades de lapidação das ametistas extraídas no Estado do Rio Grande do Sul, através das técnicas de lapidação manual e mecanizada, determinando-se a rentabilidade esperada para cada um dos investimentos em lapidação e qual o risco de insucesso desses empreendimentos.

Também objetivou-se a determinação dos benefícios sociais e econômicos que o Estado está se privando enquanto a maior parte da produção de ametistas e pedras preciosas em geral está sendo comercializada em estado bruto ou semi-industrializado. Essa avaliação compreendeu a perda em termos de valor agregado, arrecadação tributária, criação de empresas e de empregos diretos nas atividades de martelação e lapidação.

A partir do modelo de avaliação técnica e econômica desenvolvido tem-se uma metodologia padrão para a avaliação de qualquer projeto de industrialização de bens minerais, desde que sejam feitas as adaptações necessárias em termos de caracterização técnica e estimação de rendimentos e custo de aquisição de matéria-prima, que são característicos para cada substâncias mineral que venha a ser avaliada.

Apesar dessas diferenças em termos de avaliação técnica, pode-se utilizar a seqüência apresentada como modelo para o desenvolvimento de uma análise de viabilidade técnico-econômica de projetos de industrialização de minerais, que compreende os seguintes passos:

1. Avaliação técnica, com o objetivo de definir os rendimentos mássicos em produto final, a produtividade média, o tempo de processamento, a capacidade de produção anual, a necessidade em termos de consumo de matéria-prima (minério em bruto - ROM), dimensionamento de equipamentos, balanceamento da linha de produção, etc.

2. Avaliação econômica, com o objetivo de definir os parâmetros que compõem o fluxo de caixa de operação do projeto como custo dos equipamentos principais, custo de capital inicial, capital de giro, custo operacional, depreciações, rendimentos anuais, custo de aquisição de matéria-prima, despesas indiretas; e definição da lucratividade ou prejuízo do projeto através do fluxo de caixa descontado para o período de vida útil do projeto utilizando-se como parâmetros de viabilidade o valor presente líquido, taxa interna de retorno e *payback*.

3. Avaliação da sensibilidade do projeto frente a variações nos principais parâmetros técnicos e econômicos estimados nas etapas anteriores e que deverão ser estudados para compor-se uma distribuição de probabilidade do valor dos mesmos.

4. Determinação dos níveis mínimos de produção anual e comparação com a capacidade de produção instalada, utilizando-se para tanto a determinação do ponto de equilíbrio da alternativa (*breackeven point*).

5. Avaliação do risco de insucesso do empreendimento através da técnica de simulação de Monte Carlo, utilizando-se as distribuições de probabilidade estimada para os principais parâmetros técnicos e econômicos que afetam a viabilidade do empreendimento.

No estudo de caso apresentado na presente tese foi realizada uma avaliação de tempos e movimentos dos processos de lapidação de ametistas através das técnicas manual e mecanizada onde foram definidos os tempos de processo em cada etapa da produção, os rendimentos mássicos em cada etapa da produção, que permitiram a definição do rendimento médio anual em termos de gemas lapidadas e a necessidade em termos de pedras marteladas (matéria-prima).

Após a definição desses parâmetros técnicos, foi realizada uma estimativa das necessidades em termos de investimento inicial, capital de giro, custos operacionais e despesas indiretas que, juntamente com a estimativa de rendimentos anuais e custo de aquisição de matéria-prima, permitiram a determinação da rentabilidade das técnicas de lapidação avaliadas através do desenvolvimento de um fluxo de caixa de operação e cálculo do valor líquido presente, taxa interna de retorno, índice de lucratividade e *payback*.

Após esta avaliação determinística foram realizadas análises de sensibilidade simples sobre os principais parâmetros econômicos das alternativas de lapidação manual e mecanizada, visando apreciar o impacto sobre a rentabilidade provocadas pela variação nas estimativas empregadas para cálculo do fluxo de caixa.

Concluída esta etapa realizou-se a determinação do ponto de equilíbrio das alternativas de lapidação que permite analisar as necessidades de geração de receitas anuais para fazer frente as despesas fixas anuais e determinar a produção anual mínima para começar a ter-se lucro no empreendimento. Essa produção foi comparada com a capacidade de produção das alternativas, o que nos indica, de forma indireta, o risco de operação do projeto analisado.

Após essa avaliação foi realizada uma análise econômica comparativa visando apontar qual a técnica mais apropriada para a industrialização das ametistas gaúchas através da definição do ponto de Fischer, utilizando-se um fluxo de caixa incremental entre as alternativas de lapidação mecanizada e manual.

Por último, dentro da avaliação das alternativas de industrialização, foi desenvolvida uma simulação através da técnica de Monte Carlo, que permitiu determinar o nível de risco através da definição da distribuição de probabilidade do valor presente líquido e taxa interna de retorno das alternativas e a probabilidade desses indicadores de serem negativos (prejuízo nas operações).

Para conclusão da presente tese realizou-se um estudo da valorização econômica possível de ser obtida através da industrialização das ametistas extraídas no Estado e também as perdas econômicas e sociais decorrentes da atual situação, onde praticamente 90% da produção é comercializada em estado bruto, ocasionando uma perda enorme em termos de valor agregado, arrecadação tributária e criação de empregos, que é apontada na análise macroeconômica da industrialização de ametista.

(3) LAPIDAÇÃO MECANIZADA

Para avaliar-se a capacidade de produção e o consumo anual de pedras marteladas foram realizados testes práticos de lapidação de ametistas gaúchas, através de equipamentos semi-mecanizados, instalados no CFP SENAI de Gemologia de Lajeado. O conjunto mecanizado utilizado no CFP SENAI de Gemologia é composto de 2 facetadoras, 1 politriz de rondiz, 1 politriz de rolo, 1 máquina de pré-formação e 1 aparelho transferidor de gemas e permite a produção de 15 gemas ao mesmo tempo. O lay-out básico da oficina de lapidação mecanizada do CFP SENAI de Gemologia é apresentado na figura 3.1.

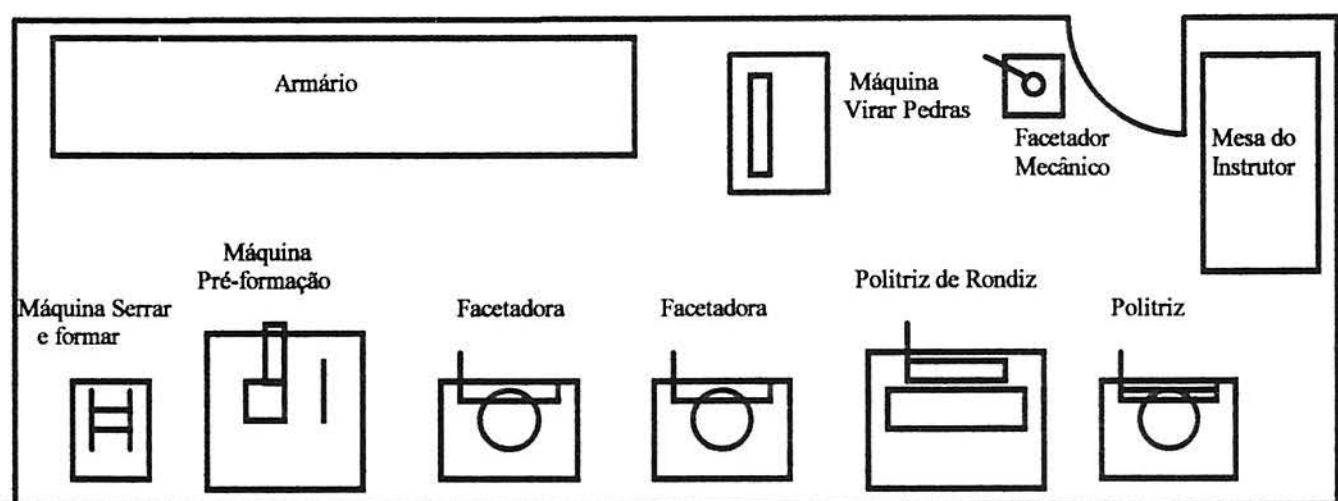


Figura 3.1) Lay-out básico lapidação mecanizada

Os equipamentos principais que compõem o conjunto mecanizado de lapidação em série são:

- 1) Conjunto de pré-formação e calibração: equipamento que utiliza disco diamantado para realizar a pré-forma do conjunto de gemas e calibração através do uso de uma matriz no sistema de copiadora. A refrigeração dos discos é feita com óleo.
- 2) Calibrador em série: trabalha com o pente e proporciona a calibragem fina dando à gema que está sendo lapidada diâmetro e dimensões desejadas. Utiliza um disco diamantado refrigerado a água.
- 3) Máquina de facetamento: trabalha com o pente e é responsável pelo facetamento da gema. Utiliza disco diamantado refrigerado a água.
- 4) Máquina de polimento: é uma máquina semelhante à máquina de facetamento e é responsável por produzir o brilho nas facetas da gema lapidada. Utiliza um disco composto por liga estanho-chumbo e é refrigerado com um líquido composto por água e abrasivos de polimento.

5) Aparelho transferidor de gemas: usado para transpor as gemas de um pente para outro mantendo o posicionamento e alinhamento das gemas. Dessa forma é possível a conclusão da lapidação das gemas em perfeitas condições.

No processo de lapidação mecanizada inicia-se o trabalho com a colagem das gemas que sofrerão a pré-formação e calibragem inicial em *doops* individuais de latão. Após as gemas coladas nos *doops* são colocadas em pentes de 15 unidades e sofrem a calibragem fina e facetamento e polimento do pavilhão.

Concluída a lapidação do pavilhão as gemas são transpostas para outro conjunto de *doops* e viradas para que seja então facetada e polida a coroa das gemas. Após concluída a lapidação da coroa das gemas o processo termina no descolamento e limpeza das gemas lapidadas (figura 3.2).

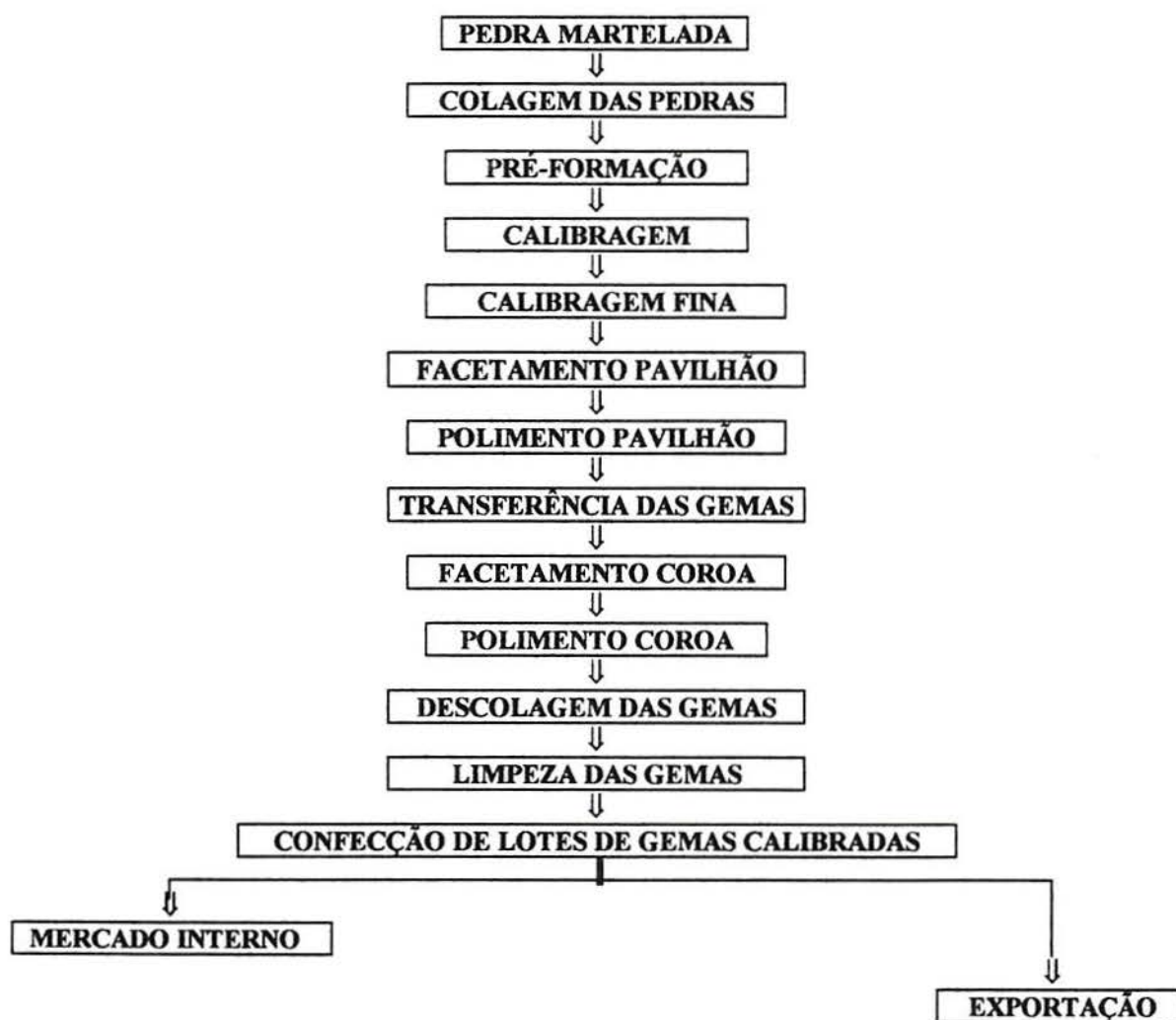


Figura 3.2) Fluxograma Lapidação Mecanizada

Com a utilização da lapidação mecanizada é possível a obtenção de lotes de gemas calibradas, com dimensões apropriadas às especificações do mercado joalheiro de produção de jóias em série.

A seleção de lotes de pedras marteladas observa diversos critérios de qualidade e peso afim de possibilitar a obtenção da maior homogeneidade nas pedras lapidadas. A pessoa encarregada de selecionar as pedras marteladas possui uma importância vital no processo de lapidação da gema. Um serviço bem executado nessa etapa permite, além da economia de tempo do lapidário, a montagem de pentes com gemas homogêneas em cor, limpidez, tamanho e forma, com um melhor aproveitamento mássico da matéria-prima.

Os seguintes critérios são utilizados na seleção de lotes de pedras marteladas:

- 1 - Limpidez: verificada pela ausência de impurezas e defeitos.
- 2 - Coloração: classificada em função da intensidade e homogeneidade da cor.
- 3 - Tamanho: estimado em função das dimensões finais da gema lapidada.
- 4 - Formato: é definido pelo tipo de lapidação desejada e podem ser poligonais, arredondados ou alongados.
- 5 - Pesagem: é utilizada para determinação do rendimento mássico do processo através da pesagem do lote inicial de pedras marteladas e posteriormente do lote final de gemas lapidadas.

Mesmo com um trabalho de seleção rigoroso, é extremamente difícil alcançar os índices de aproveitamento obtidos via lapidação manual ficando o rendimento mássico médio na lapidação mecanizada em torno de 20 à 25%. Apesar da média na lapidação manual se situar em torno de 30%, a produtividade na lapidação mecanizada pode ser 10 à 20 vezes superior em função de lapidar-se várias pedras ao mesmo tempo, garantindo também uma maior homogeneidade dos lotes de pedras calibradas para joalheria.

Para avaliação da produtividade deve-se levar em consideração o tamanho e formato desejados da gema lapidada, tipo de lapidação escolhida, índices de aproveitamento e tempo para realização do processo.

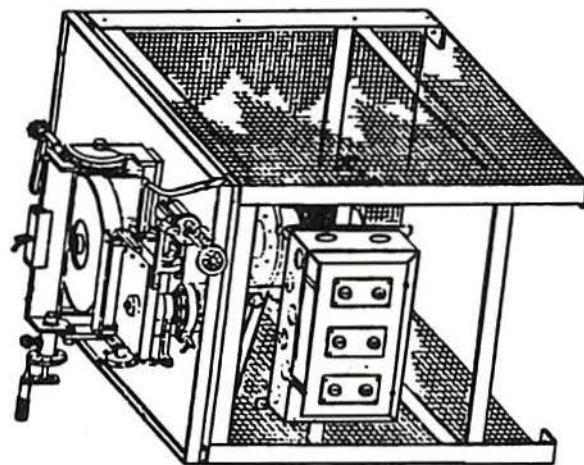
Algumas relações importantes entre esses parâmetros podem ser estabelecidos:

- usando o mesmo tipo de lapidação para um determinado tipo de gema verifica-se uma proporção direta entre o diâmetro e tempo de lapidação das gemas;
- o índice de aproveitamento das gemas da família do quartzo é de aproximadamente 20%, praticamente não se alterando conforme o diâmetro ou formato de lapidação;
- lapidando-se gemas com diâmetros reduzidos tem-se uma área de facetamento menor no corte e polimento da gema o que proporciona um menor tempo de operação.

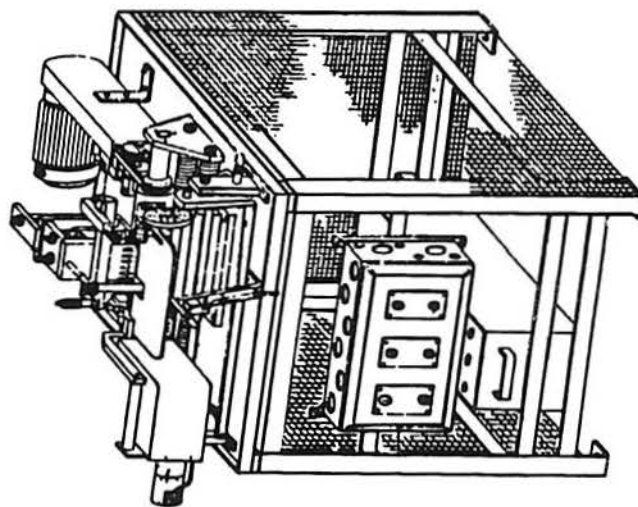
Foi realizado um estudo de tempos e movimentos do processo de lapidação mecanizada em lotes de ametista e citrino Rio Grande das regiões do Alto Uruguai e Fronteira Sudoeste no conjunto mecanizado localizado no Centro de Formação Profissional SENAI de Gemologia em Lajeado - RS.

O referido conjunto é composto de 1 máquina combinada para pré-formação e calibragem, 1 máquina para calibragem fina e polimento da cintura das gemas, 2 máquinas facetadoras, 1 máquina de polimento e 1 aparelho transferidor de gemas. O equipamento disponível possibilita a lapidação de pentes de 15 gemas simultaneamente (figura 3.3).

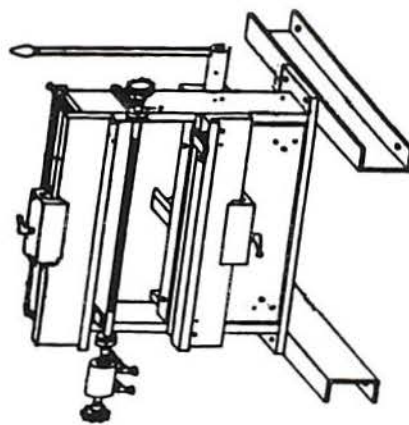
Máquina para facetar



Máquina para lapidar por meio de cilindros



Máquina para cimentar

**Figura 3.3) Equipamento para lapidação mecanizada**

Os testes práticos de lapidação para levantamento dos tempos em cada etapa do processo e dos rendimentos mássicos foram iniciados em abril de 1994 e se estenderam até novembro de 1995. A operação dos equipamentos foi realizada por um bolsista de iniciação técnica industrial, ex-aluno do curso de lapidação de cristais do SENAI-RS, e compreendeu um período de adaptação e treinamento no equipamento e outro período de realização do levantamento de dados para determinação dos tempos médios de operação e rendimentos mássicos médios.

A tabela 3.1 e 3.2 apresentam os resultados dos primeiros testes práticos de lapidação mecanizada realizados no CFP SENAI de Gemologia que serviram para iniciar o treinamento do bolsista no conjunto mecanizado utilizado. Nota-se um grande tempo de lapidação dos lotes de pedras e um pequeno rendimento mássico.

Tabela 3.1 - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação mecanizada

Forma: redonda

Gema: citrino Rio Grande

Tipo de lapidação: corte brilhante simples

Fases do processo	Lote 1 - 8 mm	Lote 2 - 8 mm	Lote 3 - 7 mm	Tempo Total
Pré-forma	30	30	30	90
Colagem coroa	15	15	15	45
Facetar pavilhão	75	75	75	225
Polir pavilhão	70	70	70	210
Colagem pavilhão	10	10	10	30
Facetar coroa	60	60	60	180
Polir coroa	60	60	60	180
Tempo total	320	320	320	960

Lote de 45 pedras contendo 1 quebra (2%)

Tempo médio por pedra: 22 minutos

Tabela 3.2 - Avaliação dos rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	187,70	126,25	30,90	69,10
Facetamento e polimento das facetas	126,25	26,80	78,78	21,22
TOTAL	187,70	26,80	85,33	14,67

Rendimento mássico: 14,67% do peso inicial

Peso médio por pedra: 0,71 ct

As tabelas 3.3 e 3.4 apresentam a evolução dos testes de lapidação para um diâmetro de 7 mm, realizados para comprovar a evolução da produtividade do conjunto mecanizado em função da aquisição de maior destreza na operação do equipamento por parte do bolsista. Nota-se claramente uma redução no tempo total de lapidação e um aumento no rendimento mássico.

Tabela 3.3 - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação mecanizada.

Forma: redonda

Gema: citrino Rio Grande

Tipo de lapidação: corte brilhante simples

Fases do processo	Lote 4 - 8,5 mm	Lote 5 - 7 mm	Lote 6 - 7 mm	Lote 7 - 7 mm	Lote 8 - 7 mm	Tempo Total
Pré-forma	22,5	22,5	22,5	12	12	91,5
Colagem coroa	12	12	12	8	7	51
Facetar pavilhão	45	35	55	26,5	23,5	185
Polir pavilhão	50	35	40	32	28	185
Colagem pavilhão	8	8	8	5	5	34
Facetar coroa	35	45	40	21	18,5	159,5
Polir coroa	55	45	55	21	19	195
Tempo total	227,5	202,5	222,5	125,5	113	901

Lote de 60 pedras contendo 7 quebra

Tempo médio por pedra: 17 minutos

Tabela 3.4 - Avaliação dos rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	315,14	213	32,40	67,60
Facetamento e polimento das facetas	213	74,04	65,02	34,80
TOTAL	315,14	74,04	76,50	23,50

Rendimento mássico: 23,50% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,40 ct

A partir da conclusão do lote número 8 considerou-se completo o treinamento do bolsista na operação do conjunto mecanizado e iniciou-se os testes práticos voltados ao levantamento dos tempos de operação em cada etapa do processo e os rendimentos mássicos médios do processo de lapidação mecanizada.

Os testes práticos de lapidação mecanizada foram realizados para diâmetros entre 3 e 7 mm com a intenção de avaliar a variação de produtividade em função do diâmetro da gema lapidada e o rendimento mássico médio do conjunto mecanizado.

As tabelas 3.5 e 3.6 apresentam os resultados finais para lotes de ametista lapidadas em diâmetros entre 7 e 3 mm, que foram utilizados para estimar-se a capacidade de produção do conjunto mecanizado e o rendimento mássico do processo. Com esses valores pode-se estimar a produção anual de gemas lapidadas e o consumo anual de matéria-prima (pedras marteladas).

Tabela 3.5 - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação mecanizada

Forma: redonda

Gema: citrino Rio Grande (lote 9) e ametista (lote 10, 11 e 12)

Tipo de lapidação: corte brilhante

Fases do processo	Lote 9 - 7 mm	Lote 10 - 6 mm	Lote 11 - 5,5 mm	Lote 12 - 3 mm	Tempo Total
Pré-forma	5	5	6	6	22
Colagem coroa	6	6	4	3	19
Facetar pavilhão	25	21	15	3	64
Polir pavilhão	21	22	14	8	65
Colagem pavilhão	1,5	2	2	1,5	7
Facetar coroa	12	10	11	3	36
Polir coroa	15	14	13	5,5	47,5
Tempo total	85,5	80	65	30	260,5

Lote de 60 pedras contendo 4 quebra

Tempo médio por pedra: 5 minutos

Tabela 3.6 - Avaliação dos rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	178,95	127,10	28,97	71,03
Facetamento e polimento das facetas	127,10	36,45	71,32	28,68
TOTAL	178,95	36,45	79,63	20,37

Rendimento mássico: 20,37% do peso inicial

Peso médio por pedra: 0,36 ct

Avaliando-se as tabelas de tempos e movimentos apresentadas verifica-se que houve uma evolução em produtividade no rendimento do conjunto mecanizado através da introdução de melhorias no processo produtivo e aprendizado prático do equipamento que aconteceram durante os testes práticos de lapidação.

As melhorias citadas referem-se a aspectos operacionais como melhoramentos no tipo de lacre utilizado, técnica de colagem das pedras marteladas nos *doops*, método de calibragem e polimento da coroa, sequência de lapidação e de utilização das máquinas.

Na figura 3.4. essa relação fica bem clara e verifica-se uma redução de 73% no tempo total de lapidação após domínio do processo e técnica de lapidação. Essa figura apresenta a evolução no tempo de lapidação de lotes de ametista no diâmetro de 7 mm em função do aprendizado do operador da técnica de operação do conjunto mecanizado utilizado para avaliação dos tempos e movimentos das etapas do processo.

Para construção da figura 3.4 foram utilizados os dados das tabelas 3.1 à 3.6, de acordo com a tabulação apresentada na tabela 3.7 a seguir, que apresenta os dados da evolução nos tempos de lapidação por lote de ametistas no formato brilhante, diâmetro de 7 mm.

Tabela 3.7) Tempo de lapidação X Lote lapidado (formato brilhante, diâmetro: 7 mm)

Número do lote	Tempo de lapidação (min)
1	320,0
2	202,5
3	222,5
4	125,5
5	113,0
6	85,5

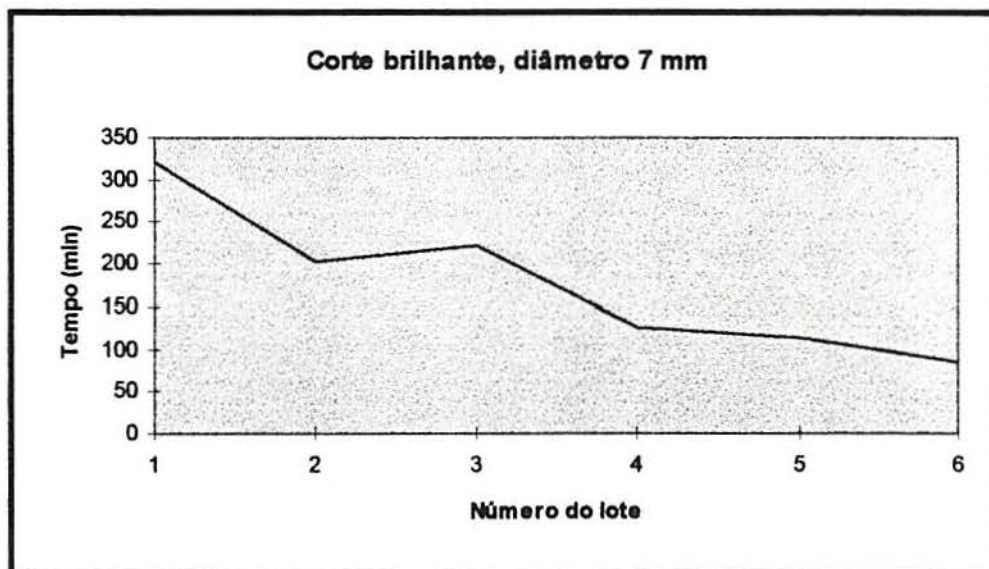


Figura 3.4) Tempo total de lapidação em conjunto mecanizado para pedra lapidada em formato brilhante, diâmetro 7 mm.

Os tempos médios apresentados na tabela 3.5 mostram os resultados obtidos nos últimos testes de lapidação mecanizada, para alguns dos diâmetros mais comuns da lapidação brilhante, e podem ser considerados como tempos e rendimentos reais numa extrapolação para a realidade prática da lapidação em conjunto semi-mecanizado similar ao existente no SENAI de Lajeado.

Devido ao elevado número de quebras (descolagem da gema no *doops* ou quebra de parte da gema no *doops*) que ocorreram durante o processo de lapidação mecanizada foi efetuada uma análise do trabalho realizado que apontaram como causas principais das quebras os seguintes fatos:

- Defeitos na colagem: o *doops* não era aquecido corretamente, não atingindo temperatura suficiente para fundir completamente o lacre usado para colar a pedra.
- Arestas e pontas salientes: durante a calibragem, as gemas com mais saliências tendem a exercer pressão isolada sobre o disco apoiando sobre si todo o peso do pente de pedras ocasionando o seu descolamento ou quebra.
- Limpeza do *doops*: problemas gerados pela impossibilidade de completa remoção dos resíduos do lacre pelo produto utilizado na limpeza (álcool).

Com o desenvolvimento dos testes práticos de lapidação mecanizada foram estudadas e definidas as seguintes soluções para estes problemas:

- Defeitos na colagem: controle mais rigoroso do aquecimento da estufa utilizada para aquecer as pedras, mantendo-se sua temperatura constante.
- Arestas e pontas: melhorando o processo de seleção e pré-formação das gemas tornando-as mais uniformes de modo a exercerem a mesma pressão em todas as superfícies do disco.
- Limpeza do *doops*: mudou-se o produto utilizado para a limpeza do *doops* passando-se a utilizar acetona no lugar do álcool, que mostrou ser um produto que possibilita maior eficiência.

O número médio de quebras no início do trabalho prático foi de 1 pedra por pente de 15 *doops* reduzindo-se esse valor, após introdução das modificações, para uma média de 1 quebra para cada 2 pentes de 15 *doops*, ou uma redução de 50% na média de quebras de pedras no processo.

O rendimento final do conjunto mecanizado foi realizado através do levantamento do aproveitamento mássico em gemas lapidadas e da sua valorização econômica, que leva em consideração os seguintes aspectos de qualidade:

- # Limpeza da gema: qualidade interior da gema, existência ou não de impurezas.
- # Homogeneidade da cor: intensidade e distribuição da cor na gema.
- # Qualidade da lapidação: exatidão nas medidas, número, formato e proporção das arestas do pavilhão e coroa da gema.
- # Padronização das medidas: diâmetro (ou dimensões externas da gema), medido na cintura da gema, que serve para definir o tipo de calibração empregada, de acordo com critérios internacionais de comercialização de gemas.

Os testes de lapidação mecanizada realizados no conjunto existente no CFP SENAI de Gemologia de Lajeado podem ser resumidos nas tabelas 3.8 e 3.9 a seguir que apresentam os resultados globais para lapidação de ametistas e citrinos RS (ametista tratada térmicamente).

Tabela 3.8) Rendimentos médios obtidos via lapidação mecanizada

Lote	Tipo Pedra	Formato	Nº de Pentes	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Aproveitamento (%)	Perda (%)
1	Citrino RS	redondo	3	187,70	26,60	14,7	85,3
2	Citrino RS	redondo	5	315,14	74,04	23,5	76,5
3	Citrino RS	redondo	4	178,95	36,45	20,4	79,6
4	Ametista	redondo	20	975,00	185,50	19,0	81,0
5	Ametista	redondo	5	212,50	26,00	21,4	78,6
6	Ametista	oval	6	378,50	57,60	15,3	84,7
7	Ametista	quadrado	11	230,00	40,00	17,4	82,6

Aproveitamento médio: 18,81%

Desvio padrão: 3,23%

Tabela 3.9) Tempos de Lapidação por Etapa do Processo

Diâmetro (mm)	Colagem, formação e calibragem	Facetamento e polimento pavilhão	Facetamento e polimento coroa	Transferência e limpeza das gemas	Tempo total médio	Tempo efetivo médio
3	11'	11'	9'	3'	34'	50'
4	12'	22'	19'	3'	56'	80'
5	12'	29'	24'	4'	69'	100'
6	13'	43'	24'	4'	84'	120'
7	13'	46'	27'	4'	90'	130'
8	14'	50'	27'	5'	96'	140'
9	14'	53'	30'	5'	102'	145'
10	14'	55'	30'	5'	104'	150'

Considerando o peso unitário de cada gema lapidada e da capacidade de produção de cada pente de um equipamento industrial (entre 25 e 50 gemas, dependendo do diâmetro de lapidação), pode-se calcular o tempo de lapidação médio por quilate produzido para os diâmetros estudados. Aumentando-se o diâmetro das gemas lapidadas nota-se uma clara diminuição no tempo de lapidação unitário por quilate o que indica um aumento considerável na produtividade do conjunto mecanizado, como mostram a tabela 3.10 e a figura 3.5 a seguir.

Tabela 3.10) Tempo médio de lapidação por quilate

Diâmetro	Tempo lapidação (min)	Peso da gema (ct)	Peso do pente (ct)	Tempo lapidação unitário (min/ct)
3	50'	0,15	7,50	6,67
4	80'	0,25	12,50	6,40
5	100'	0,45	20,25	4,94
6	120'	0,70	28,00	4,29
7	130'	1,20	42,00	3,10
8	140'	1,80	54,00	2,59
9	145'	2,60	65,00	2,23
10	150'	3,00	75,00	2,00

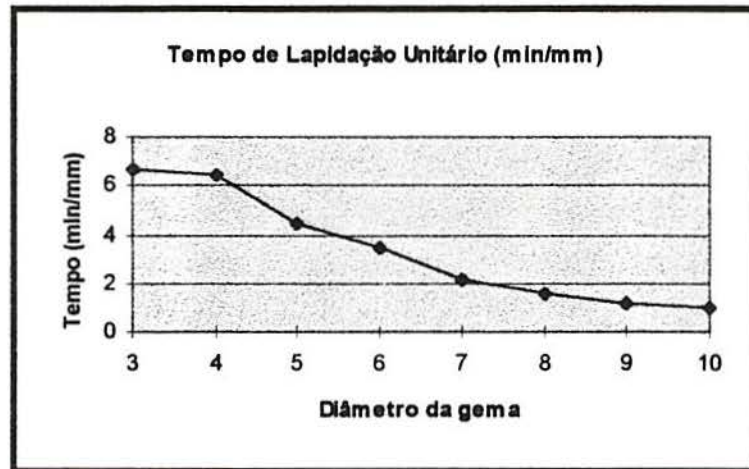


Figura 3.5) Tempo de lapidação x diâmetro da gema

A avaliação de tempos e movimentos realizada nas etapas do processo de lapidação mecanizada permite a determinação do aproveitamento mássico médio, a perda de matéria-prima e a produtividade média do conjunto mecanizado possibilitando, dessa forma, estimar-se o consumo de matéria-prima e a capacidade de produção de uma indústria que utilize essa técnica de lapidação.

Analisando globalmente os testes realizados através do processo de lapidação mecanizada conclui-se que o tempo de lapidação por quilate lapidado varia inversamente proporcional ao peso e área da gema, obtendo-se maior produtividade quanto maior for o tamanho da pedra a ser lapidada. Os rendimentos mássicos obtidos variaram entre 15 e 25% obtendo-se em média um aproveitamento de 18,8% do peso da pedra martelada como gema lapidada, com desvio padrão de 3,23%, sendo os maiores valores obtidos para pedras marteladas de maiores tamanho (peso e área de facetamento).

(4) LAPIDAÇÃO MANUAL

Da mesma forma que na avaliação do processo de lapidação mecanizada foram realizados testes práticos de lapidação de ametistas gaúchas, através de mesas de lapidação manual, instaladas no CFP SENAI de Gemologia de Lajeado. A oficina de lapidação manual do CFP SENAI de Gemologia é composta de 4 mesas de lapidação com disco de estanho/chumbo, 2 mesas de lapidação com discos diamantados, 5 mesas de polimento, 1 mesa para colagem de gemas e 2 moto-esmeril de 2 reboles. O lay-out básico da oficina de lapidação manual do CFP SENAI de Gemologia é apresentado na figura 4.1.

O processo de lapidação manual é basicamente artesanal e muito propício para o desenvolvimento e criação de formatos exclusivos e obtenção de um maior aproveitamento mássico da pedra martelada. Em compensação a calibração das gemas se torna mais difícil dependendo basicamente da habilidade pessoal do lapidador.

A lapidação manual é executada em mesas de lapidação com a produção de uma única pedra por vez. O processo completo da lapidação manual compreende em geral 16 etapas, que se apresentam na seguinte seqüência:

- 01 - Classificação
- 02 - Pesagem
- 03 - Pré-formação da gema
- 04 - Lixação da mesa
- 05 - Fixação da gema em caneta de madeira
- 06 - Calibragem
- 07 - Facetamento da coroa
- 08 - Polimento da cintura
- 09 - Polimento das facetas da coroa
- 11 - Facetamento do pavilhão
- 12 - Polimento das facetas do pavilhão
- 13 - Descolagem da gema
- 14 - Pesagem final
- 15 - Cálculo do aproveitamento da gema
- 16 - Controle de qualidade e confecção dos lotes de gemas lapidadas

Os principais equipamentos, máquinas e acessórios utilizados no processo de lapidação manual são:

01 - Balança eletrônica de precisão: usada para pesagem dos lotes de pedra martelada, pré-formada e lapidada com a finalidade de realizar os cálculos necessários à determinação dos índices de aproveitamento mássico.

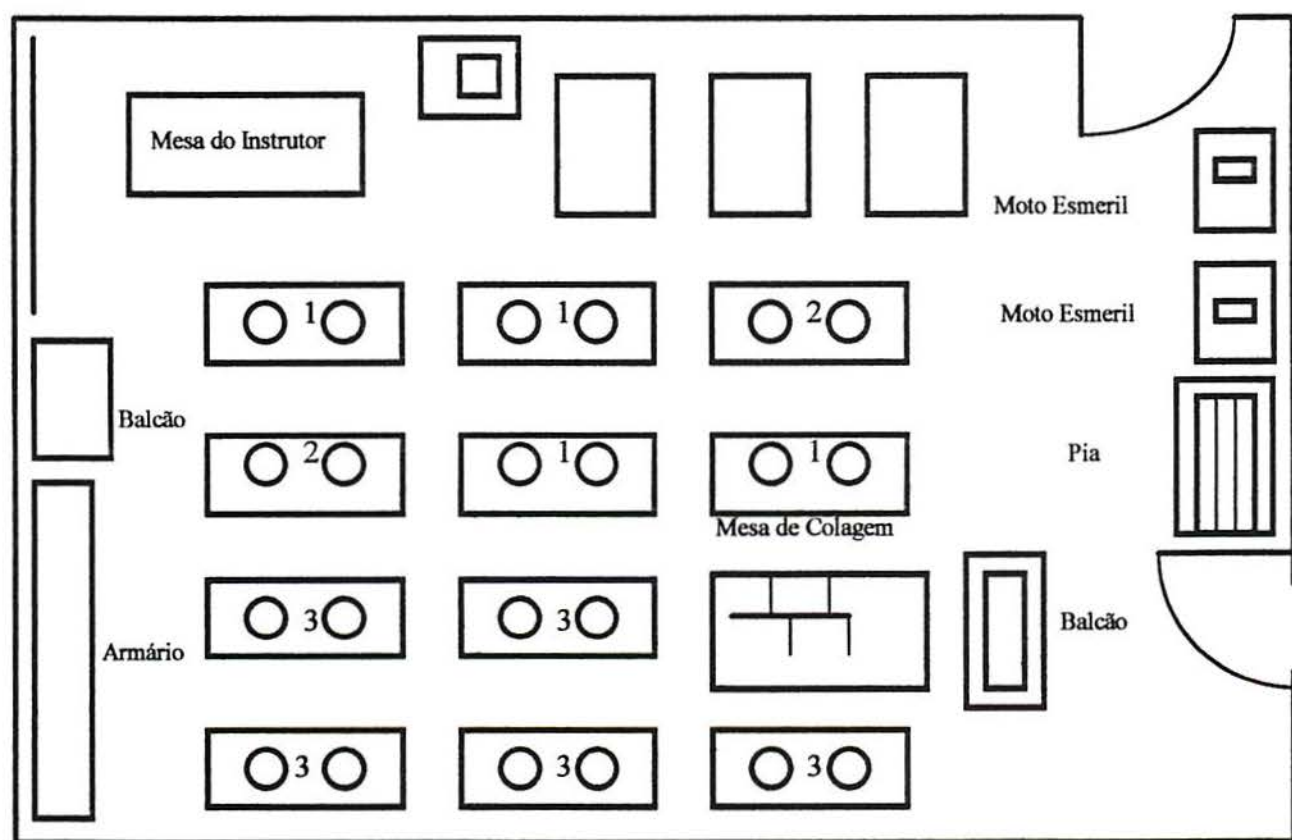
02 - Moto-esmeril: equipamento que utiliza dois rebolos de carbureto de silício para realização da pré-formação da gema.

03 - Disco de corte: pode ser feito de uma liga metálica composta de 75% de chumbo e 25% de estanho ou com superfície diamantada, usado para o facetamento da gema. Se utilizado o disco de chumbo/estanho é usado como abrasivo uma pasta a base de carbureto de silício.

04 - Mesa de lapidação: mesa com formatos variados, geralmente com estrutura para instalação de dois discos de corte ou polimento e capacidade para trabalharem 4 lapidários.

05 - Caneta de madeira: é um suporte de madeira usado para fixar a gema com o auxílio do lacre para posterior corte e polimento.

06 - Disco de polimento: feito de uma liga metálica composta de 25% de chumbo e 75% de estanho é usado para o polimento das facetas utilizando como abrasivo pó de trípoli e óxido de cromo.



1 - Mesa de lapidação com disco de chumbo/estanho

2 - Mesa de lapidação com disco diamantado

3 - Mesa de polimento

Figura 4.1) Lay-out básico da lapidação manual

No processo de lapidação manual inicia-se o trabalho com a seleção das pedras marteladas que sofrerão a pré-formação e calibragem de acordo com a forma e dimensões finais desejadas. Após, as gemas são fixadas nas canetas de madeira e sofrem o facetamento e polimento da coroa. Concluída a lapidação da coroa as gemas são descoladas, limpas e fixadas novamente nas canetas de madeira para que então seja facetado e polido o pavilhão das gemas. Após concluída a lapidação do pavilhão o processo termina com o descolamento e limpeza das gemas lapidadas (figura 4.2).



Figura 4.2) Fluxograma Lapidação Manual

Com a lapidação manual obtém-se um maior aproveitamento mássico das gemas, principalmente em pedras de maiores tamanhos (pedra martelada acima de 3 g) favorecendo assim a obtenção de um maior peso final na gema lapidada. Outra característica é a possibilidade de criação de formas exóticas e exclusivas de acordo com a habilidade e capacidade criativa do lapidário.

A seleção de lotes de pedras marteladas observa os mesmos critérios utilizados na lapidação mecanizada.

Foi realizado um estudo de tempos e movimentos do processo de lapidação manual, semelhante ao realizado com a lapidação mecanizada, em lotes de ametista e citrino Rio Grande das regiões do Alto Uruguai e Fronteira Sudoeste na oficina de Lapidação Manual do CFP SENAI de Gemologia de Lajeado.

Os testes práticos de lapidação para levantamento dos tempos em cada etapa do processo e dos rendimentos mássicos foram iniciados em abril de 1994 e se estenderam até novembro de 1995. OS testes foram realizados por 3 bolsistas de iniciação técnica industrial, ex-alunos do curso de lapidação de cristais do SENAI-RS e compreenderam um período de adaptação e treinamento na técnica de lapidação manual e outro período de realização do levantamento de dados para determinação dos tempos médios de operação e rendimentos mássicos médios.

A oficina de lapidação manual ocupa uma área de 110 m² com capacidade para treinamento de 20 lapidários/turno. A oficina possui 2 moto-esmeris duplo para pré-formação, 2 mesas de facetamento com disco diamantado, 4 mesas de facetamento com disco de chumbo/estanho, 5 mesas de polimento, mesa para colagem das gemas e 1 balança eletrônica de precisão para até 1.000 g (5.000 ct).

Os testes foram acompanhados com a utilização das tabelas apresentadas no anexo 1, as quais foram montadas através da cronometragem dos tempos de cada etapa do processo e da pesagem dos lotes em todas as etapas do processo de lapidação manual.

Os estudos de tempos e movimentos apresentado serve para a obtenção dos dados técnicos que comporão a estimativa dos rendimentos anuais e consumo de matéria-prima.

A tabela 4.1 e a figura 4.3 apresentam os resultados do levantamento de tempos de operação total do processo de lapidação manual para várias áreas lapidadas, diretamente relacionas com o diâmetro de lapidação. Observando-se a tabela e oa figura verifica-se que ocorre uma diminuição do tempo de lapidação unitário com o aumento da área lapidada.

Tabela 4.1) Tempo de lapidação x Área da gema lapidada

Área da Gema (mm ²)	Tempo Lapidação (min)	Tempo lapidação/Área gema (min/mm ²)
22	21,25	0,92
32	15,75	0,49
35	23,75	0,68
38	21,58	0,57
40	24,25	0,61
40	25,75	0,64
42	22,42	0,53
48	21,75	0,45
50	31,50	0,63
50	20,00	0,40
60	38,22	0,60
64	23,25	0,36
64	26,00	0,41
70	28,67	0,41

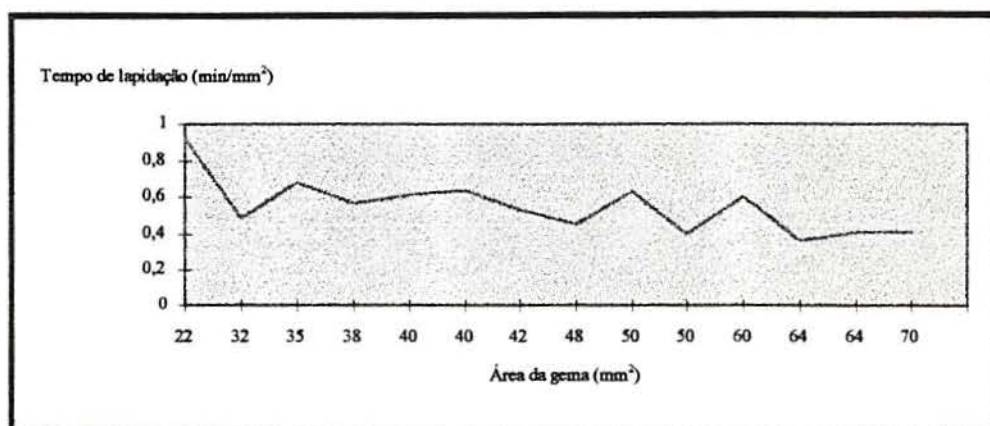


Figura 4.3) Tempo de lapidação x Área da gema

A tabela 4.2 e a figura 4.4 apresentam os resultados do levantamento de tempos de operação total do processo de lapidação manual para vários pesos de gemas lapidadas. Observando-se a tabela e a figura verifica-se que ocorre uma diminuição do tempo de lapidação unitário com o aumento do peso da gema lapidada.

Tabela 4.2) Tempo de lapidação x Peso da gema lapidada

Peso da Gema (ct)	Tempo de Lapidação (min)	Tempo de Lapidação/Peso gema (min/ct)
0,35	15,75	45,00
0,35	21,25	60,71
0,48	23,75	49,48
0,59	21,75	36,86
0,81	24,25	29,94
0,92	20,00	21,74
1,05	35,52	33,83
1,05	21,58	20,55
1,05	22,42	21,35
1,09	31,50	28,90
1,25	23,25	18,60
1,25	26,00	20,80
1,32	38,22	28,95
1,40	25,75	18,39
1,65	28,67	17,38

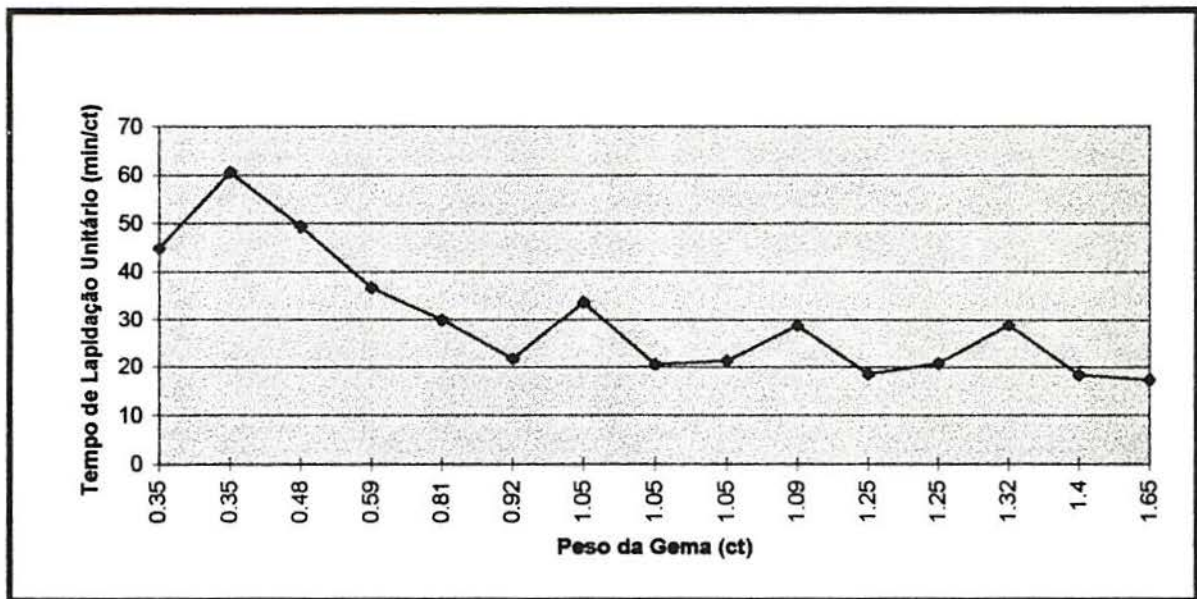


Figura 4.4) Tempo de lapidação x Peso da gema

A tabela 4.3 e a figura 4.5 apresentam os resultados dos rendimentos mássicos médios do processo de lapidação manual para vários pesos e áreas de gemas lapidadas. Observando-se a tabela e a figura verifica-se que ocorre um aumento no rendimento mássico do rendimento mássico do processo de lapidação manual com o aumento da área lapidada e do peso da gema lapidada.

Tabela 4.3) Rendimento mássico (médio) x Peso da gema lapidada

Aproveitamento mássico (%)	Peso da Gema (ct)	Área da Gema (mm ²)
21,04	0,48	35
21,64	1,05	50
21,68	1,32	60
22,05	0,81	40
22,12	0,35	22
22,50	0,35	32
23,00	0,92	50
25,00	1,25	64
25,50	1,05	42
26,50	1,05	38
26,81	0,59	48
27,50	1,40	40
29,09	1,09	50
29,41	1,25	64
32,00	1,65	70

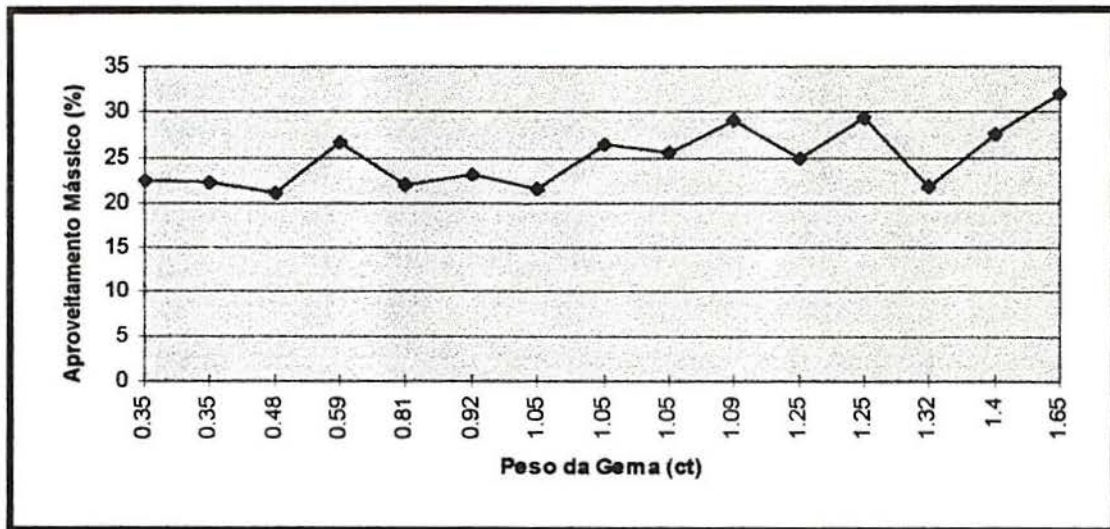


Figura 4.5) Rendimento x Peso da gema

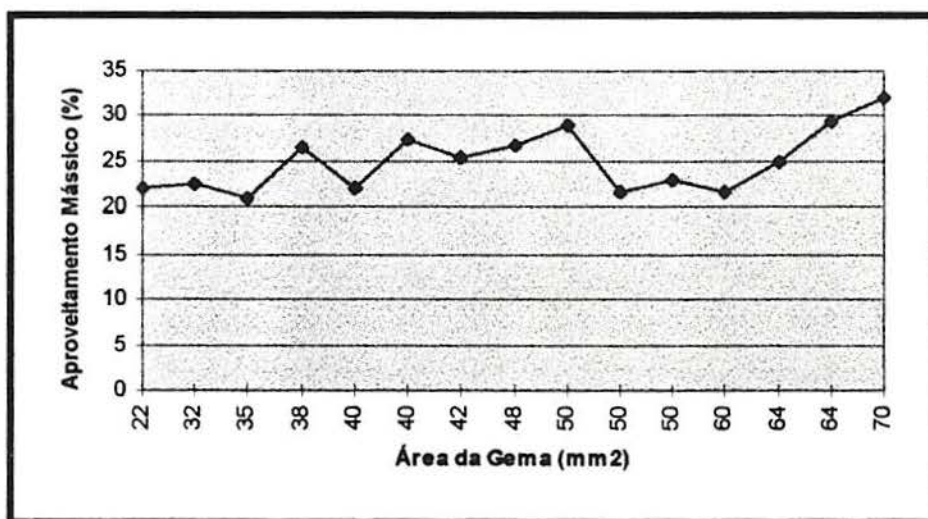


Figura 4.6) Rendimento x Área lapidada

Analizando globalmente os testes realizados através do processo de lapidação manual conclui-se que o tempo de lapidação por quilate lapidado varia inversamente proporcional ao peso e área da gema, obtendo-se maior produtividade quanto maior for o tamanho da pedra a ser lapidada. Os rendimentos mássicos obtidos variaram entre 20 e 30% obtendo-se em média um aproveitamento de 25,1% do peso da pedra martelada como gema lapidada, com desvio padrão de 3,41%, sendo os maiores valores obtidos para pedras marteladas de maiores tamanho (peso e área de facetamento).

Em comparação com a lapidação mecanizada a lapidação pela técnica manual proporciona um maior aproveitamento mássico das pedras mas, em compensação, necessita de um tempo muito maior de processamento ocasionando uma grande redução na produtividade e capacidade de produção.

(5) AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA LAPIDAÇÃO MECANIZADA**5.1. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS ECONÔMICOS**

A lapidação através de conjunto mecanizado para o caso da ametista parece ser uma das mais promissoras alternativas para industrialização desse bem mineral, principalmente em função da alta produtividade característica do processo. Para esclarecer esse ponto foi desenvolvida uma análise de viabilidade econômica baseada em custos e rendimentos médios obtidos na operação do conjunto mecanizado marca ERNEST WINTER & SOHN, fabricado em Idar-Öberstein na Alemanha, disponível no CFP SENAI de Gemologia em Lajeado, RS. Foi utilizada uma estimativa fatorada para definição dos custos de investimento e custo operacional (Ballfour & Pappucyan, 1972; Petrick Jr, 1980; Lewis et al, 1980; Fröeling, 1980; Mullar, 1980 e 1982; Gentry & O'Neil, 1984; Souza, 1995).

Os equipamentos principais para operação do conjunto mecanizado, utilizados para estimação dos custos de investimento inicial, custo operacional e rendimentos, são:

- 2 facetadoras com pente para 50 *doops* e disco diamantado
- 1 calibradora tipo "rondis" para calibrar e polir a cintura da pedra
- 3 politrizes com pente para 50 *doops* e disco diamantado
- 1 máquina transferidora para virar as pedras
- 1 máquina calibradora para pré-formagem das pedras

Tabela 5.1) Custo de Aquisição dos Equipamentos do Conjunto Mecanizado

Descrição Equipamento	HP	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total (US\$)
Máquina pré-formação e calibragem	10	1	20.000	20.000
Calibrador em série (politriza de rondiz)	5	1	15.000	15.000
Máquina de facetamento	3	2	20.000	40.000
Máquina de polimento	3	3	20.000	60.000
Aparelho transferidor de gemas	-	1	5.000	5.000
Máquina combinada serrar e formar pedras	8	1	4.000	4.000
Conj discos de corte	-	3	1.500	4.500
Conj rebolos diamantados para calibragem	-	2	2.000	4.000
Conj rebolos diamantados para formação	-	4	2.000	8.000
Conj discos de polimento	-	5	500	2.500
Cilindro de calibragem	-	2	1.500	3.000
Cilindro de polimento	-	2	750	1.500
Pentes para colocação dos doops	-	20	600	12.000
Conjunto de doops	-	5.000	0,60	3.000
Retífica de disco	2	1	2.000	2.000
TOTAL	31	-	-	184.500

Área física necessária para instalação do conjunto mecanizado: 80 m²

Custo investimento inicial área física e edificações: US\$ 20.000

Tabela 5.2) Estimativa custo investimento inicial em equipamentos:

Custo de aquisição dos equipamentos principais	184.500
Instalação dos equipamentos (10% custo aquisição)	18.500
Tubulação de processo (3% custo aquisição)	5.500
Instalações elétricas (10% custo aquisição)	18.500
Instrumentação e controle de qualidade (2% custo aquisição)	4.000
Engenharia e construção (5% custo aquisição)	9.000
Contingências (5% custo aquisição)	10.000
Total Investimento Inicial em Equipamentos	250.000

Custo Investimento Inicial em Equipamentos: US\$ 250.000

Investimento Área Física e Edificações: US\$ 20.000

Custo Total de Investimento Inicial: US\$ 270.000

Depreciação dos equipamentos (15 anos): 16.667 US\$/ano

Depreciação da área física e edificações (20 anos): 1.000 US\$/ano

Depreciação anual investimento inicial: 17.667 US\$/ano

Custo Operacional

Tabela 5.3) Mão-de-obra direta (salários + encargos)

Cargo	Quantidade	Custo Unitário (US\$/mês)	Custo Total (US\$/mês)
Lapidador	10	250	2.500
Pré-formador	4	300	1.200
Colador de gemas	4	200	800
Supervisor de produção	2	600	1.200
Total MO Direta	20	-	5.700

Tabela 5.4) Mão-de-obra indireta (salários + encargos)

Cargo	Quantidade	Custo Unitário (US\$/mês)	Custo Total (US\$/mês)
Auxiliar administrativo	1	300	300
Encarregado compra e venda	1	500	500
Encarregado manutenção	1	500	500
Gerente produção	1	800	800
Total MO Indireta	4	-	2.100

Tabela 5.5) Peças de Reposição/manutenção

Descrição	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total (US\$/ano)
Disco diamantado para facetamento (vida útil: 4 meses)	6	1.200	7.200
Rolo diamantado para calibragem (vida útil: 1 ano)	1	1.500	1.500
Disco resinado para polimento (vida útil: 3 meses)	12	800	9.600
Rolo diamantado para calibragem (vida útil: 1 ano)	2	1.000	2.000
Rolo resinado para polimento (vida útil: 4 meses)	4	800	3.200
Rebolo diamantado para formação (vida útil: 1 ano)	1	1.000	1.000
Lacre	600 kg	5	3.000
Material para limpeza de gemas e máquinas	-	-	1.500
Manutenção preventiva, troca de peças (US\$ 100/mês)	-	-	1.200
Rolamentos, correias, peças mecânicas (US\$ 50/mês)	-	-	600
Despesas diversas (10% custo reposição/manutenção)	-	-	3.400
Total peças de reposição/manutenção	-	-	34.200

Consumo de energia elétrica

Potência instalada dos equipamentos: 31 HP = 23 kWh

Iluminação e instalações auxiliares: 6 kWh (25% consumo equipamentos)

Potência instalada total: 29 kWh

Consumo com eficiência de 85% = 34 kWh

Consumo efetivo mensal: 34 kWh . 12 h/dia . 22 dias/mês = 8.976 kWh/mês

Consumo efetivo anual = 107.700 kWh

Custo da energia elétrica mensal = 8.976 kWh . 0,17 US\$/kWh = 1.500 US\$/mês

Custo anual: US\$ 18.000

Custo com água de processo anual (US\$ 100/mês) = US\$ 1.200

Tabela 5.6) Estimativa de Custo Operacional Anual

Elemento de Custo	Custo Mensal	Custo Anual	Participação
Mão-de-obra	7.800	93.600	59,5%
Peças reposição/manutenção	2.850	34.200	21,8%
Consumo energia elétrica	1.500	18.000	11,4%
Consumo água de processo	150	1.800	1,2%
Despesas diversas (10% custo operacional)	800	9.600	6,1%
Total Custo Operacional Anual	13.100	157.200	100%

Custo de Aquisição de Matéria-prima**Características do *mix* de produção do conjunto mecanizado:**

Lapidação de 40% de pedras tipo extra

Lapidação de 40% de pedras tipo forte

Lapidação de 20% de pedras tipo média

Considerou-se uma eficiência na oficina de 75%, totalizando 270 dias de operação/ano. Considerando 16 horas de operação/dia (2 turnos), teremos um total de 4.320 horas de operação/ano.

Diâmetro das gemas lapidadas entre 3 e 10 mm, formato preferencial brilhante.

Consumo de pedras marteladas entre 0,3 e 3,0 gramas.

Capacidade de produção:

Diâmetro da gema: 3 - 4 mm

Corte pavilhão: 10 min

Corte coroa: 9 min

Total corte: 19 min

Polimento pavilhão: 10 min

Polimento coroa: 11 min

Total polimento: 21 min

Produção das 2 facetadoras: 60/19 pentes/h . 50 gemas/pente = 155 gemas/h . 2 facetadoras = 310 gemas/hora

Produção 3 politrizes: 60/21 pentes/h . 50 = 140 gemas/h . 3 politrizes = 420 gemas/h

Regime de trabalho 16 h/dia . 310 gemas/h . 75% rendimento = 3.720 gemas/dia

Diâmetro da gema: 5 - 6 mm

Corte pavilhão: 15 min

Corte coroa: 11 min

Total corte: 26 min

Polimento pavilhão: 18 min

Polimento coroa: 14 min

Total polimento: 32 min

Produção das 2 facetadoras: 60/26 pentes/h . 50 gemas/pente = 115 gemas/h . 2 facetadoras = 230 gemas/hora

Produção 3 politrizes: 60/32 pentes/h . 50 = 95 gemas/h . 3 politrizes = 285 gemas/h

Regime de trabalho 16 h/dia . 230 gemas/h . 75% rendimento = 2.760 gemas/dia

Diâmetro da gema: 7 - 8 mm

Corte pavilhão: 25 min

Corte coroa: 18 min

Total corte: 43 min

Polimento pavilhão: 28 min

Polimento coroa: 20 min

Total polimento: 48 min

Produção das 2 facetadoras: 60/43 pentes/h . 50 gemas/pente = 70 gemas/h . 2 facetadoras = 140 gemas/hora

Produção 3 politrizes: 60/48 pentes/h . 50 = 62 gemas/h . 3 politrizes = 185 gemas/h

Regime de trabalho 16 h/dia . 140 gemas/h . 75% rendimento = 1.680 gemas/dia

Diâmetro da gema: 9 - 10 mm

Corte pavilhão: 30 min

Corte coroa: 25 min

Total corte: 55 min

Polimento pavilhão: 35 min

Polimento coroa: 30 min

Total polimento: 65 min

Produção das 2 facetadoras: 60/55 pentes/h . 50 gemas/pente = 55 gemas/h . 2 facetadoras = 110 gemas/hora

Produção 3 politrizes: 60/65 pentes/h . 50 = 46 gemas/h . 3 politrizes = 135 gemas/h

Regime de trabalho 16 h/dia . 110 gemas/h . 75% rendimento = 1.320 gemas/dia

Tabela 5.7) Resumo da capacidade de produção do conjunto mecanizado:

Diâmetro (mm)	3 - 4 mm	5 - 6 mm	7 - 8 mm	9 - 10 mm
Gemas/hora	310	230	140	135
Gemas/dia (*)	3.720	2.760	1.680	1.320

(*) Considerando uma eficiência na oficina de 75%.

Com o *mix* de produção exposto na tabela 5.7 pode-se calcular a produção anual de cada tipo de gema calibrada entre 3 e 10 mm e a necessidade em termos de consumo de pedra martelada, considerando um aproveitamento mássico médio de 20% na lapidação em conjunto mecanizado.

Tabela 5.8) Mix de produção e consumo anual de pedras marteladas

Diâmetro (mm)	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Horas de operação/ano	540	540	540	540	540	540	540	540	4.320
Produção anual (gemas)	167.400	167.400	124.200	124.200	75.600	75.600	72.900	72.900	880.200
Produção anual (ct)	25.110	41.850	55.890	86.940	90.720	136.080	189.540	218.700	844.830
Consumo pedra martelada (g)	25.110	41.850	55.890	86.940	90.720	136.080	189.540	218.700	844.830

Tabela 5.9) Cálculo dos Rendimentos e Custo de Matéria-prima Anuais

Diâmetro	3	4	5	6	7	8	9	10
Produção (ct/ano)	25.110	41.850	55.890	86.940	90.720	136.080	189.540	218.700
Tipo EXTRA	10.044	16.740	22.356	34.776	36.288	54.432	75.816	87.480
Tipo FORTE	10.044	16.740	22.356	34.776	36.288	54.432	75.816	87.480
Tipo MÉDIA	5.022	8.370	11.178	17.388	18.144	27.216	37.908	43.740
Rendimento (US\$/ano)	83.881	144.801	193.379	300.812	313.891	470.837	853.110	984.150
Tipo EXTRA	50.220	83.700	111.780	173.880	181.440	272.160	492.804	568.620
Tipo FORTE	27.621	46.035	61.479	95.634	99.972	149.688	265.356	306.180
Tipo MÉDIA	9.040	15.066	20.120	31.298	32.659	48.989	64.770	109.350
Consumo martelada (g/ano)	25.110	41.850	55.890	86.940	90.720	136.080	189.540	218.700
Tipo EXTRA	10.044	16.740	22.356	34.776	36.288	54.432	75.816	87.480
Tipo FORTE	10.044	16.740	22.356	34.776	36.288	54.432	75.816	87.480
Tipo MÉDIA	5.022	8.370	11.178	17.388	18.144	27.216	37.908	43.740
Custo martelada (US\$/ano)	18.079	30.132	40.240	102.588	183.254	274.881	655.808	756.702
Tipo EXTRA	10.044	16.740	22.356	55.641	101.606	152.409	379.080	437.400
Tipo FORTE	6.026	10.044	13.413	34.776	65.318	97.978	208.494	240.570
Tipo MÉDIA	2.009	3.348	4.471	12.174	16.330	24.494	68.234	78.732
Saldo de Caixa (US\$/ano)	65.802	114.669	153.139	198.224	130.637	195.956	197.302	227.448
Pedra Martelada (g)	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0
Peso Gema Lapidada (ct)	0,15	0,25	0,45	0,70	1,20	1,80	2,60	3,00

TOTAL RECEITA ANUAL: US\$ 3.344.861

TOTAL CUSTO MATÉRIA-PRIMA: US\$ 2.061.684

MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO ANUAL: US\$ 1.283.177

Resumo dos Principais Parâmetros Econômicos:

Custo Operacional Total Anual: US\$ 157.200

Custo de Aquisição de Matéria-prima Anual: US\$ 2.061.684

Custo de Produção Anual: US\$ 2.218.884

Despesa Indiretas (10% custo de produção anual): US\$ 220.000

Custo de Produção Total Anual: US\$ 2.438.884

Capital de Giro = Custo de produção anual . 4 meses / 12 = US\$ 812.961

Custo Total de Investimento Inicial: US\$ 270.000

Custo de Reposição (10º ano = 50% custo aquisição equipamentos): US\$ 135.000

Receita Bruta Anual: US\$ 3.344.861

Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS - 12% sobre faturamento líquido - ICMS pago sobre pedras marteladas)

ICMS = 0,12 . (3.344.861 - 2.061.684) = US\$ 153.981

Receita Bruta Anual após ICMS = US\$ 3.190.880

Imposto de Renda (35% receita bruta tributável): US\$ 257.015

Receita Bruta Tributável (receita bruta após ICMS-custo de produção-depreciação)

Receita Bruta Tributável = 3.190.880 - 2.438.884 - 17.667 = US\$ 734.329

Receita Líquida Anual (receita bruta - custo de produção - tributação)

Receita Líquida Anual: US\$ 494.981

Payback = Investimento Inicial/Receita Líquida Anual = 270.000 / 498.143 = 0,54

Payback = 6,5 meses = 1 ano

5.2. ANÁLISE DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO

O fluxo de caixa de operação (figura 5.1) para uma vida útil do projeto igual a 20 anos, foi desenvolvido com as seguintes características:

1. Investimento de 50% do investimento inicial no décimo ano de vida útil para reparos, troca e manutenção dos equipamentos e instalações existentes.
2. Valor residual de 20% do investimento inicial na substituição dos equipamentos;
3. O valor residual foi calculado como 50% do investimento inicial.

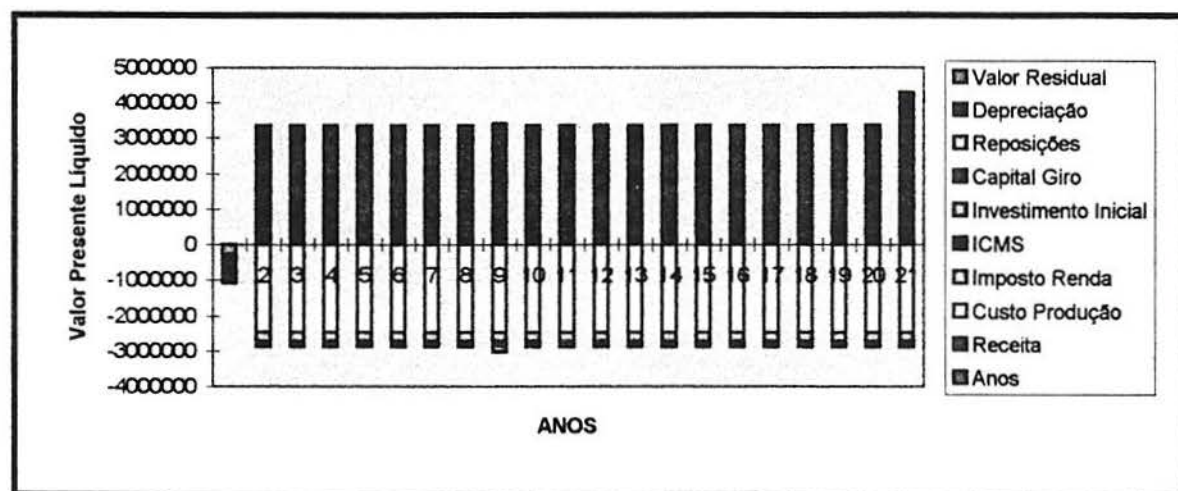


Figura 5.1) Fluxo de caixa de operação do conjunto mecanizada

Para cálculo dos critérios de decisão financeiros utilizou-se a metodologia dita determinística e foram calculados o valor presente líquido, taxa interna de retorno e índice de lucratividade, de acordo com os procedimentos tradicionais encontrados nos compêndios clássicos de engenharia econômica e análise de investimentos (Hess et al, 1976; Neves, 1982; Nascimento, 1982; Buarque, 1989).

O fluxo de caixa líquido anual foi estimado a partir da seguinte fórmula:

$$FCA = R - CP - IR - ICMS - I_0 - CG - I_{10} + dp + VR_{10} + VR_{20}$$

onde:

R - receita operacional bruta: US\$ 3.344.861,00

CP - custo de produção (custo desembolsável + depreciação): US\$ 2.453.684,00

IR - dedução imposto de renda: US\$ 257.015,00

ICMS - dedução imposto sobre circulação de mercadorias: US\$ 153.981,00

I_0 - investimento inicial: US\$ 270.000,00

CG - capital de giro: US\$ 812.961,00

Rp - custo de reposição: US\$ 135.000,00

dp - depreciação: US\$ 17.667,00

VR_{10} - valor residual (10º ano): US\$ 54.000,00

VR_{20} - valor residual (20º ano): US\$ 135.000,00

A incidência de custos do projeto refere-se basicamente aos custos de produção (principalmente aquisição de matéria-prima) sendo o investimento inicial de pequena monta quando comparado aos custos operacionais. Ainda dentro do investimento inicial é altamente significativa a parcela correspondente ao capital de giro necessário ao andamento do empreendimento e formação do estoque (US\$ 812.961,00) em relação ao capital fixo em equipamentos e instalações (US\$ 270.000,00). É portanto muito importante para a viabilização do empreendimento que se tenha um trabalho eficiente de colocação da produção realizada, para que ocorra o giro de estoque possibilitando o prosseguimento das operações. Isso deve ser obtido basicamente através de eficiente controle de qualidade, alta produtividade, baixo índice de perdas e desperdício e *marketing* eficiente e atento às mudanças do mercado consumidor.

O tempo de autopagamento (*payback* simples) é de 6,5 meses ou aproximadamente 1 ano podendo ser reduzido em função da capacidade de aceleração da posta em marcha de operações e aumento de produtividade.

O fluxo de caixa desenvolvido para um período de 20 anos de operação do conjunto mecanizado, apresentado esquematicamente na figura 5.1 pode ser desdobrado matematicamente na seguinte equação:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_0 - VR_{10})/(1,18)^{10} + (CG + VR_{20})/(1,18)^{20} + (R - MP - CO - IR - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -270.000 - 812.961 + (54.000 - 135.000)/1,18^{10} + (135.000 + 812.961)/1,18^{20} + (3.344.861 - 2.061.684 - 157.200 - 257.015 - 153.981 - 220.000) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1.082.961 - 81.000/1,18^{10} + 947.961/1,18^{20} + 494.981 \cdot 5,3527 = 1.585.653$$

$$VPL(18\%) = \text{US\$ } 1.585.653,00$$

A variação do valor presente líquido para diversas taxas de atratividade, que permitirão a determinação da taxa interna de retorno do investimento é apresentada na tabela 5.10 abaixo.

Tabela 5.10) Valor presente líquido x Taxa de retorno

Taxa de retorno	Valor Líquido Presente
0%	9.683.612
5%	5.393.140
15%	2.053.185
20%	1.339.031
30%	557.405
35%	326.087
40%	151.344
45%	14.934
50%	- 94.417

A determinação da taxa interna de retorno foi realizada via interpolação linear simples através da dedução do valor presente líquido para as taxas de 45 e 46%, pois é entre esses valores que está a taxa interna de retorno visto que nesse intervalo ocorre a mudança do sinal do VPL. Assim temos:

$$\text{VPL (45\%)} = 14.934$$

$$\text{VPL (46\%)} = - 8.823$$

Portanto:

$$\frac{\text{TIR} - 46}{8.823} = \frac{45 - \text{TIR}}{14.934}$$

$$14.934 \times \text{TIR} + 8.823 \times \text{TIR} = 46 \times 14.262 + 45 \times 7.507$$

$$\text{TIR} = \frac{1.083.999}{23.757} = 45,63 \quad \text{TIR} = 47,63\% \text{ a.a}$$

O índice de lucratividade é calculado como o quociente entre o valor presente das receitas advindas da operação do conjunto mecanizado e o valor presente das respectivas despesas de operação e investimentos no projeto. Dessa forma, para uma taxa de retorno de 18% a.a temos o seguinte valor para esse indicador econômico:

$$\text{IL (18\%)} = \frac{17.948.960}{16.363.307} = 1,0969 \quad \text{IL (18\%)} \Rightarrow 1,10$$

O valor presente líquido do projeto (calculado para uma taxa de desconto de 18% aa) é de aproximadamente US\$ 1.600.000 ao passo que a taxa interna de retorno situa-se em torno de 45,63% indicando a lucratividade das operações no período analisado.

O índice de lucratividade (valor presente das receitas/valor presente das despesas) apresenta um valor de 1,10 significando que para cada dólar gasto no empreendimento o mesmo retorna 1,10 dólares ao investidor.

Analisando globalmente todos os indicadores determinados conclui-se pela viabilidade econômica do empreendimento na lapidação de ametistas através da utilização de conjuntos mecanizados. O estudo desse método apontou um valor presente líquido em torno de US\$ 1.600.000 para uma taxa de atratividade de 18% aa, uma taxa de retorno de 45,63% aa e um tempo de retorno do investimento de 1 ano, todos esses critérios indicando a aceitabilidade do projeto estudado.

5.3. ANÁLISES DE RISCO E INCERTEZA

A incerteza do projeto de lapidação mecanizada de ametistas pode ser avaliado através de análises de sensibilidade do valor presente líquido, calculado para uma taxa de retorno de 18% a.a, frente a variações nas estimativas referentes ao investimento inicial, custo de aquisição de matéria-prima, rendimento obtido no conjunto mecanizado (aproveitamento de matéria-prima), eficiência global da fábrica, custo operacional anual (custo operacional + despesas indiretas) e preço de venda das gemas lapidadas.

Dessa forma pode-se ter uma idéia de como uma variação nesses parâmetros estimados influenciam a rentabilidade do projeto e quais deles são críticos e devem ser controlados de maneira mais cuidadosa, seja nas estimativas de valores quanto no futuro controle operacional.

1. Variação no Investimento Inicial

O investimento inicial foi estimado em US\$ 270.000, admitindo-se uma variação para maior ou para menor de até 30% nesse valor temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

Considerando que: $I_{10} = 0,5 \cdot I_0$ $VR_{10} = 0,2 \cdot I_0$ $VR_{20} = 0,5 \cdot I_0$,

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1,0391 \cdot I_0 - 0,9635 \cdot CG + (494.981) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1,0391 \cdot I_0 - 783.288 + 2.649.485$$

$$VPL(18\%) = 1.866.197 - 1,0391 \cdot I_0$$

Tabela 5.11) Variação no investimento inicial

Valor Investimento	Δ Investimento	VPL (18%)
189.000	-30%	1.669.807
216.000	-20%	1.641.751
243.000	-10%	1.613.696
270.000	0	1.585.674
297.000	+10%	1.557.584
324.000	+20%	1.529.529
351.000	+30%	1.501.473

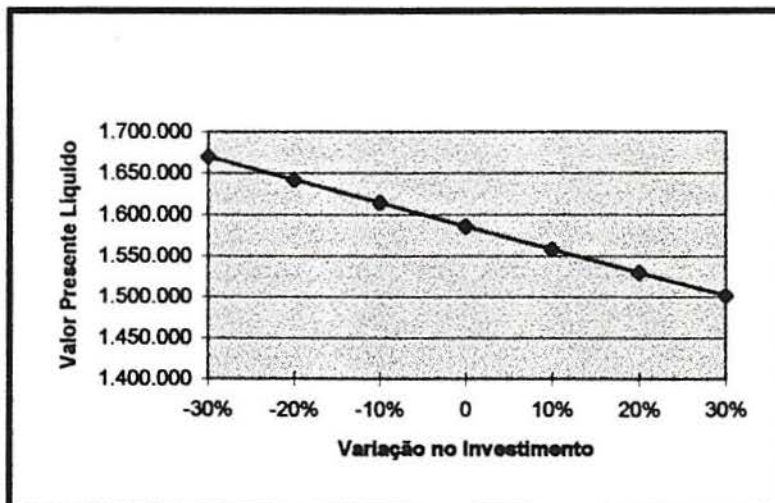


Figura 5.2) Valor presente líquido x Δ Investimento

2. Variação no Custo de Aquisição de Matéria-prima

O custo de aquisição de matéria-prima foi obtido a partir de preços históricos de pedras marteladas extraídos do boletim de preços do DNPM e foi estimado em 2.061.684 US\$/ano, admitindo-se uma variação para mais ou para menos de até 40% no valor estimado temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -280.557 - 783.288 + (3.344.861 - 157.200 - 257.015 - 153.981 - 220.000 - MP) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1.063.845 + (2.556.665 - MP) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = 13.685.061 - 1.063.845 - 5,3527 \cdot MP$$

$$VPL(18\%) = 12.621.216 - 5,3527 \cdot MP$$

Tabela 5.12) Variação no custo da matéria-prima

Valor Custo Matéria-prima	Δ Custo matéria-prima	VPL (18%)
1.237.010	-40%	5.999.872
1.443.179	-30%	4.896.312
1.649.347	-20%	3.792.756
1.855.516	-10%	2.689.195
2.061.684	0	1.585.640
2.267.852	+10%	482.084
2.474.021	+20%	- 621.476
2.680.189	+30%	- 1.725.032
2.886.358	+40%	- 2.828.593

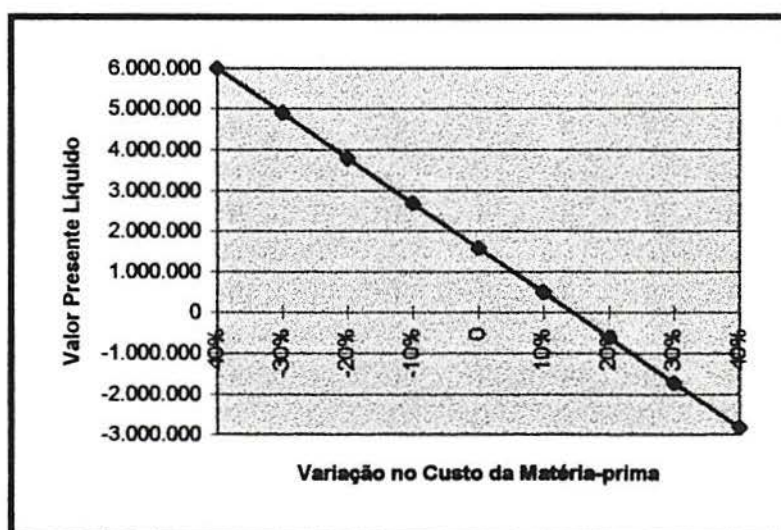


Figura 5.3) Valor presente líquido x Δ Custo da matéria-prima

3. Variação no Rendimento do Conjunto Mecanizado

O rendimento do conjunto mecanizado afeta diretamente a quantidade de matéria-prima consumida no processo de lapidação e foi estimado em 20% de aproveitamento mássico da pedra martelada, admitindo-se uma variação para mais e para menos de até 30% nesse valor temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R \cdot MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R \cdot MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R \cdot MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

Considerando que o aproveitamento afeta o consumo de matéria-prima da seguinte forma:

$$Qmp = Prod / Rend \quad e \quad MP = Qmp \cdot cmp = Prod / Rend \cdot cmp ;$$

onde:

Qmp - consumo de matéria-prima

cmp - custo médio unitário da matéria-prima (cmp = 0,4881 US\$/ct)

Prod - produção de gemas lapidadas

Rend - rendimento do conjunto mecanizado (aproveitamento)

temos:

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R \cdot Prod / Rend \cdot cmp - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -280.557 - 783.288 + (3.344.861 - 257.015 - 153.981 - 157.200 - 220.000 - Prod / Rend \cdot 0,4881) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1.063.845 + 13.685.061 - 844.830 / Rend \cdot 0,4881 \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = 12.621.216 - 4.522.122 \cdot 0,4881 / Rend$$

$VPL(18\%) = 12.621.216 - 2.207.248 / Rend$

Tabela 5.13) Variação no rendimento

Valor Rendimento	Δ Rendimento	VPL (18%)
14%	-30%	- 3.144.841
16%	-20%	- 1.174.084
18%	-10%	358.727
20%	0	1.584.976
22%	+10%	2.588.271
24%	+20%	3.424.349
26%	+30%	4.131.801
28%	+40%	4.738.187

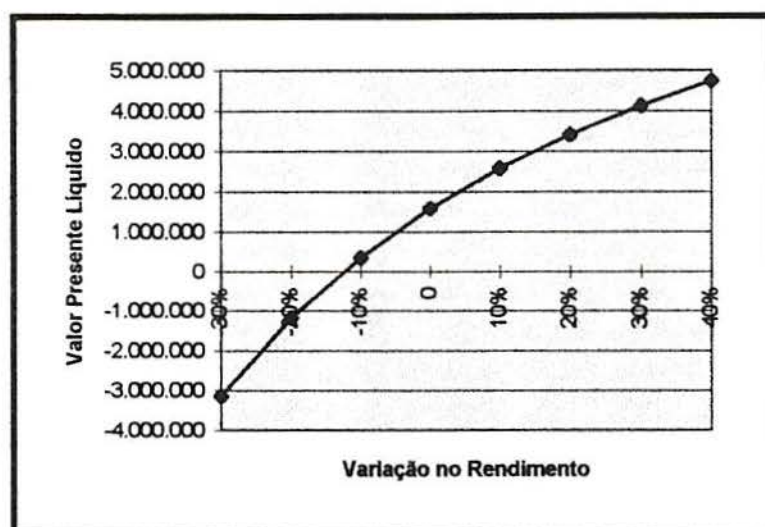


Figura 5.4) Valor presente líquido x Δ Rendimento

4. Variação na Eficiência Global da Fábrica

A eficiência global da fábrica está diretamente relacionada com o tempo efetivo de operação do conjunto mecanizado e em consequência no número de gemas produzidas, o que influi também no consumo de matéria-prima. A eficiência global da fábrica foi estimada em 85%, perfazendo um total de 4.320 horas/ano de operação (turno de 16 horas), admitindo-se uma variação na eficiência global da fábrica entre 70 e 95% temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_0 - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

Considerando que a eficiência global da fábrica afeta tanto a quantidade de gemas lapidadas como o consumo de matéria-prima, temos:

Prod (ct) - produção de gemas lapidadas em ct
pv - preço médio gema lapidada = 3,9592 US\$/ct

Qmp (g) - consumo de matéria-prima em g
cmp - custo médio matéria-prima = 2,4404 US\$/g

$$VPL(18\%) = -280.557 - 783.288 + (Prod(ct) \cdot 3,9592 - Qmp(g) \cdot 2,4404 - 257.015 - 153.981 - 157.200 - 220.000) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1.063.845 - 4.218.977 + (Prod \cdot 3,9592 - Qmp \cdot 2,4404) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = (Prod \cdot 3,9592 - Qmp \cdot 2,4404) \cdot 5,3527 - 5.282.822$$

Tabela 5.14) Variação na eficiência

Valor Eficiência	Horas/ano	Produção gemas (ct/ano)	Consumo matéria-prima (g/ano)	VPL (18%)
70%	3.558	695.811	695.811	373.900
75%	3.812	745.484	745.484	777.725
80%	4.066	795.157	795.157	1.181.551
85%	4.320	844.830	844.830	1.585.376
90%	4.574	894.503	894.503	1.989.202
95%	4.828	944.176	944.176	2.393.028

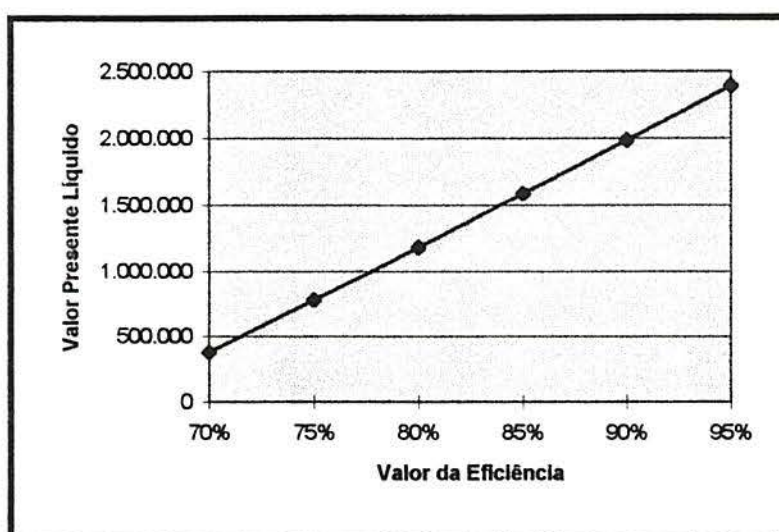


Figura 5.5) Valor presente líquido x Δ Eficiência

5. Variação no Custo Operacional

O custo operacional anual foi estimado em 157.200 US\$/ano de custo de produção mais 220.000 US\$/ano de despesas indiretas, totalizando 377.200 US\$/ano, admitindo-se uma variação para mais e para menos de até 40% no valor estimado temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

Considerando que $CO = CP + DI$, temos:

$$VPL(18\%) = -280.557 - 783.288 + (3.344.861 - 2.061.684 - 257.015 - 153.981 - CO) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1.063.845 + 4.668.523 - 5,3527 \cdot CO$$

$$VPL(18\%) = 3.604.678 - 5,3527 \cdot CO$$

Tabela 5.15) Variação no custo operacional

Valor Custo Operacional	Δ Custo Operacional	VPL (18%)
226.320	-40%	2.393.255
264.040	-30%	2.191.351
301.790	-20%	1.989.287
339.480	-10%	1.787.543
377.200	0	1.585.640
414.920	+10%	1.383.736
452.640	+20%	1.181.832
490.360	+30%	979.928
528.080	+40%	778.024

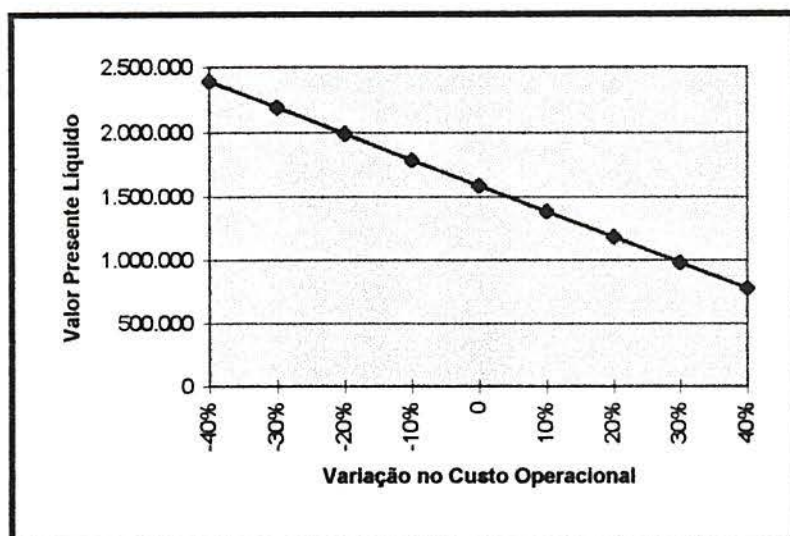


Figura 5.6) Valor presente líquido x Δ Custo operacional

6. Variação no Preço de Venda das Gemas Lapidadas

O preço de venda das gemas lapidadas está diretamente relacionado com a receita anual gerada no processo de lapidação mecanizada. Admitindo-se uma variação para mais e para menos de até 40% no valor estimado isso se refletirá diretamente na receita anual e teremos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

Considerando o preço de venda médio das gemas lapidadas (pv), temos

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (Prod \cdot pv - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -280.557 - 783.288 + (844.830 \cdot pv - 2.061.684 - 257.015 - 153.981 - 157.200 - 220.000) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1.063.845 + (844.830 \cdot pv) \cdot 5,3527 - 15.254.553$$

$$VPL(18\%) = 4.522.122 \cdot pv - 16.318.398$$

Tabela 5.16) Variação no preço de venda

Valor Preço de Venda	Δ Preço de Venda	VPL (18%)
2,3755	-40%	- 5.576.097
2,7714	-30%	- 3.785.789
3,1674	-20%	- 1.995.029
3,5633	-10%	- 204.721
3,9592	0	1.585.587
4,3551	+10%	3.375.896
4,7510	+20%	5.166.204
5,1470	+30%	6.956.964
5,5429	+40%	8.747.272

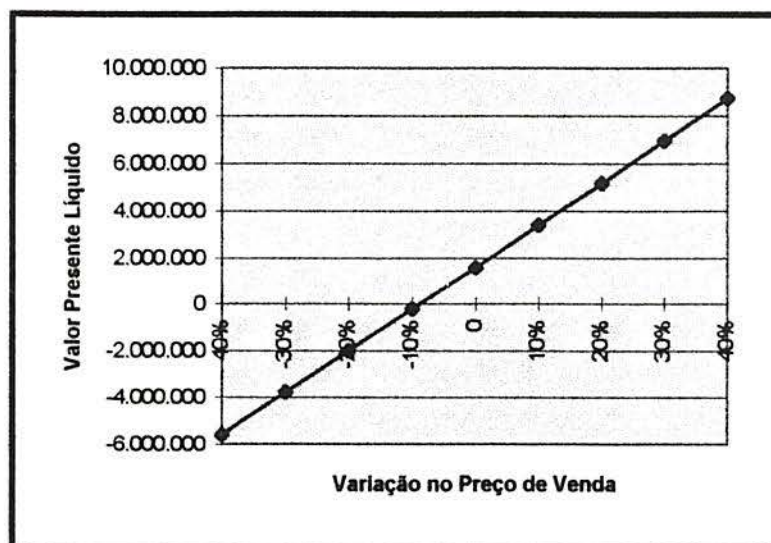


Figura 5.7) Valor presente líquido x Δ Preço de venda

Abaixo apresenta-se um resumo das análises de sensibilidade realizadas para verificação dos parâmetros econômicos críticos do processo para uma variação desfavorável de 10 e 20% nos valores estimados.

Tabela 5.17) Sensibilidade do projeto frente as variáveis analisadas

Variação	Investimento	Custo matéria-prima	Rendimento Conjunto Mecanizado	Eficiência Global	Custo Operacional	Preço de Venda
10%	1.557.584	482.084	358.727	1.181.551	1.383.736	- 204.721
base = 100	98	30	23	75	87	-113
20%	1.529.529	- 621.476	-1.174.084	777.725	1.181.832	- 1.995.029
base = 100	96	- 139	- 174	49	75	- 126
Sensibilidade	pequena	grande	muito grande	média	pequena	muito grande

Pode-se concluir que os parâmetros econômicos críticos do projeto são o preço de venda das gemas lapidadas, o aproveitamento da matéria-prima e o custo de aquisição da matéria-prima, todas levando ao insucesso do empreendimento com pequenas variações desfavoráveis nos valores estimados (menos que 10%). A eficiência global da fábrica, assim como o custo operacional, afeta de maneira menos intensa a rentabilidade do investimento e o investimento inicial tem uma pequena influência no desempenho geral do investimento quando da situação desfavorável em sua estimativa inicial.

Em ordem de grandeza os parâmetros que mais afetam a lucratividade do investimento no processo de lapidação mecanizada são:

1. Preço de venda da gema lapidada
2. Aproveitamento da matéria-prima
3. Custo de aquisição da matéria-prima
4. Eficiência global da fábrica
5. Custo operacional
6. Investimento inicial

Considerando as estimativas dos parâmetros econômicos nas situações provável, favorável e desfavorável podemos realizar uma análise da incerteza e risco do projeto em relação à desvios nos valores estimados para os principais parâmetros, conforme apresentado abaixo:

Tabela 5.18) Parâmetros econômicos nas situações provável, favorável e desfavorável

Parâmetro	Desfavorável	Provável	Favorável
Investimento inicial	351.000	270.000	189.000
Custo matéria-prima	2.886.358	2.061.684	1.237.010
Custo de produção	220.080	157.200	125.760
Aproveitamento matéria-prima	15%	20%	28%
Preço de venda	2,7714	3,9592	5,1470
Eficiência global fábrica	70%	85%	95%
Capital de giro	1.000.000	812.961	600.000
Despesas indiretas	240.000	220.000	200.000

As estimativas desfavorável e favorável foram calculadas para uma variação máxima considerada aceitável para cada parâmetro econômico estimado, em função da complexidade para sua determinação e incerteza dos dados obtidos.

Na pior das hipóteses, com todos os parâmetros analisados em sua variação mais desfavorável, teremos os seguintes componentes do fluxo de caixa de operação do conjunto mecanizado:

Investimento: 351.000
 Capital de giro: 1.000.000
 Custo de aquisição de matéria-prima: 2.886.358
 Custo de produção: 220.080
 Despesas indiretas: 240.000
 Receita: 1.928.371
 Imposto de renda: - 524.701 (crédito)
 Imposto sobre circulação de mercadorias: - 114.958 (crédito)

Na hipótese mais otimista possível, com todos os parâmetros calculados para a variação mais favorável, teremos os seguintes componentes do fluxo de caixa de operação do conjunto mecanizado:

Investimento: 189.000
 Capital de giro: 600.000
 Custo de aquisição de matéria-prima: 1.237.010
 Custo de produção: 125.760
 Despesas indiretas: 200.000
 Receita: 4.859.909
 Imposto de renda: 998.529
 Imposto sobre circulação de mercadorias: 434.748

Assim dentro das três situações analisadas nas óticas otimista, pessimista e moderada temos os seguintes resultados para o cálculo do valor presente líquido:

Pessimista

$$\text{VPL (18\%)} = - 351.000 - 1.000.000 - (175.500 - 70.000)/1,18^{10} + (1.000.000 + 175.500)/1,18^{20} + (1.928.371 - 2.886.358 - 220.080 + 542.701 + 114.958 - 240.000) \cdot 5,3527$$

$$\text{VPL (18\%)} = - 5.398.481$$

Otimista

$$\text{VPL (18\%)} = - 189.000 - 600.000 - (95.000 - 38.000)/1,18^{10} + (600.000 + 95.000)/1,18^{20} + (4.859.909 - 1.237.010 - 125.760 - 998.529 - 434.748 - 200.000) \cdot 5,3527$$

$$\text{VPL (18\%)} = 9.202.175$$

Valor Presente Líquido	Situação
- 5.398.481	Pessimista
1.585.640	Moderada
9.202.175	Otimista

Estimando-se uma probabilidade de ocorrência dessas situações pode-se, de maneira simples, estimar a probabilidade de ocorrência do valor presente líquido para a operação do conjunto mecanizado.

Para cálculo do valor presente líquido provável, considerando as três situações apresentadas acima, utilizou-se uma probabilidade de 20% para a situação pessimista, 65% para a situação moderada e 15% para a situação otimista, como apresentado abaixo.

Probabilidade	Valor Presente Líquido	Situação
20%	- 5.398.481	Pessimista
65%	1.585.640	Moderada
15%	9.202.175	Otimista

Para cálculo do valor presente líquido provável, considerando as três situações apresentadas acima, utilizou-se uma probabilidade de 20% para a situação pessimista, 65% para a situação moderada e 15% para a situação otimista, como apresentado abaixo.

Valor presente líquido provável:

$$\text{VPL(18\%)}: 0,20 \cdot (- 5.398.481) + 0,65 \cdot (1.585.640) + 0,15 \cdot (9.202.175)$$

$$\text{VPL (18\%)}: \text{US\$ } 1.331.296$$

(6) AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA LAPIDAÇÃO MANUAL

6.1. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS ECONÔMICOS

A lapidação através de mesas de lapidação manual para a ametista aparentemente não encontra justificativa econômica a não ser para o caso de peças exclusivas, onde o valor unitário pode ser aumentado, ou de peças de grande peso, onde um maior aproveitamento do rendimento mássico pode contrabalançar a falta de produtividade característica do processo. Para avaliar essa questão foi desenvolvida uma análise de viabilidade econômica baseada nos custos e rendimentos obtidos na operação em mesas de lapidação manual projetadas e construídas pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Sul localizadas no CFP SENAI de Gemologia de Lajeado/RS.

Os equipamentos principais da oficina de lapidação manual do SENAI de Gemologia de Lajeado são:

5 mesas de corte (facetamento)

6 mesas de polimento

1 mesa de colagem

2 moto-esmeril duplo para pré-formação

1 máquina combinada para serrar e formar pedras preciosas

Tabela 6.1) Custo de Aquisição dos Equipamentos da Lapidação Manual

Descrição Equipamento	HP	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total (US\$)
Bancada de corte com serra diamantada diâmetro 200 mm	0,5	1	1.000	1.000
Moto-esmeril duplo para pré-formação	1,0	2	1.500	3.000
Mesa de lapidação com 4 lugares e iluminação	1,0	2	2.500	5.000
Mesa de polimento com 4 lugares e iluminação	1,5	3	2.000	6.000
Balança eletrônica, pesagem em gramas e quilates, capacidade 500 g	-	1	1.000	1.000
Bancada para seleção de matéria-prima com 4 lugares e iluminação	-	1	500	500
Instalação de gás com 4 bicos de Bunsen	-	1	400	400
Conjunto de canetas, suportes e outros ferramentas de trabalho	-	1	500	500
Jogo de ferramentas para consertos rápidos	-	1	500	500
Lupa de bolso aumento 10 x	-	2	50	100
Paquímetro de metal, leitura de 0,1 mm	-	4	50	200
Paquímetro de aço inox, leitura 0,01 mm	-	2	100	200
Desbastador de rebolo de esmeril com poata em diamante	-	1	500	500
Outros utensílios	-	-	1.000	1.000
TOTAL	4	-	-	19.900

Área física necessária para instalação da oficina de lapidação manual: 100 m²

Custo investimento inicial área física e edificações: US\$ 25.000

Tabela 6.2) Estimativa custo investimento inicial em equipamentos:

Custo de aquisição dos equipamentos principais	19.900
Instalação dos equipamentos (10% custo aquisição)	2.000
Tubulação de processo (2% custo aquisição)	400
Instalações elétricas (10% custo aquisição)	2.000
Instrumentação e controle de qualidade (5% custo aquisição)	1.000
Engenharia e construção (10% custo aquisição)	2.000
Contingências (10% custo aquisição)	2.000
Total Investimento Inicial em Equipamentos	29.300

Custo Investimento Inicial em Equipamentos: US\$ 29.300

Investimento Área Física e Edificações: US\$ 25.000

Custo Total de Investimento Inicial: US\$ 54.300

Depreciação dos equipamentos (15 anos): 1.953 US\$/ano

Depreciação da área física e edificações (20 anos): 1.250 US\$/ano

Depreciação anual investimento inicial: 3.203 US\$/ano

Custo Operacional

Tabela 6.3) Mão-de-obra direta (salários + encargos)

Cargo	Quantidade	Custo Unitário (US\$/mês)	Custo Total (US\$/mês)
Lapidador	16	250	4.000
Pré-formador	4	300	1.200
Colador de gemas	4	200	800
Polidor de gemas	24	250	6.000
Supervisor de produção	2	600	1.200
Total MO Direta	50	-	13.200

Tabela 6.4) Mão-de-obra indireta (salários + encargos)

Cargo	Quantidade	Custo Unitário (US\$/mês)	Custo Total (US\$/mês)
Auxiliar administrativo	1	300	300
Encarregado compra e venda	1	500	500
Encarregado manutenção	1	500	500
Gerente produção	1	800	800
Total MO Indireta	4	-	2.100

Tabela 6.5) Peças de Reposição/Manutenção

Descrição	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total (US\$/ano)
Rebolo de pré-formação (vida útil: 1 mês)	48	50	2.400
Disco de corte diamantado, diâmetro 200 mm (vida útil: 8 meses)	16	500	8.000
Disco de polimento, diâmetro 200 mm (vida útil: 6 meses)	24	250	6.000
Lâmina de serra, diâmetro 300 mm (vida útil: 3 meses)	4	200	800
Material para limpeza de gemas e máquinas	-	-	1.000
Abrasivo para polimento (2 kg/mês)	36 kg	25	900
Lacre	500 kg	5	2.500
Gás GLP, botijão 13 kg (vida útil: 15 dias)	24	5	120
Manutenção preventiva, troca de peças (US\$ 100/mês)	-	-	1.200
Rolamentos, correias, peças mecânicas (US\$ 50/mês)	-	-	600
Total peças de reposição/manutenção	-	-	22.920

Consumo de energia elétrica

Potência instalada dos equipamentos: 10 HP = 7 kWh

Iluminação e instalações auxiliares: 5 kWh (70% consumo equipamentos)

Potência instalada total: 12 kWh

Consumo com eficiência de 85% = 14 kWh

Consumo efetivo mensal: 14 kWh . 12 h/dia . 22 dias/mês = 3.696 kWh/mês

Consumo efetivo anual = 44.352 kWh

Custo da energia elétrica mensal = 3.696 kWh . 0,17 US\$/kWh = 625 US\$/mês

Custo anual: US\$ 7.500

Custo com água de processo anual (US\$ 50/mês) = US\$ 600

Tabela 6.6) Estimativa de Custo Operacional Anual

Elemento de Custo	Custo Mensal	Custo Anual	Participação
Mão-de-obra	15.300	183.600	81,5%
Peças reposição/manutenção	1.910	22.920	10,2%
Consumo energia elétrica	625	7.500	3,3%
Consumo água de processo	50	600	0,3%
Despesas diversas (5% custo operacional)	900	10.800	4,7%
Total Custo Operacional Anual	18.785	225.420	100%

Custo de Aquisição de Matéria-prima

Características do *mix* de produção da oficina de lapidação manual:

Lapidação de 40% de pedras tipo extra

Lapidação de 40% de pedras tipo forte

Lapidação de 20% de pedras tipo média

Considerou-se uma eficiência na oficina de 75%, totalizando 270 dias de operação/ano. Considerando 16 horas de trabalho/dia (2 turnos), teremos um total de 4.320 horas de operação/ano.

Diâmetro das gemas lapidadas entre 3 e 10 mm, formato preferencial brilhante.

Consumo de pedras marteladas entre 0,3 e 3,0 gramas.

Capacidade de produção:

Diâmetro da gema: 3 - 4 mm

Corte pavilhão: 5 min

Corte coroa: 2 min

Total corte: 7 min

Polimento pavilhão: 6 min

Polimento coroa: 4 min

Total polimento: 10 min

Produção dos 8 lapidários no corte: 60/7 gemas/h . 8 lapidários = 69 gemas/h

Produção dos 12 lapidários no polimento: 60/10 gemas/h . 12 lapidários = 72 gemas/h

Regime de trabalho 16 h/dia . 69 gemas/h . 75% rendimento = 828 gemas/dia

Diâmetro da gema: 5 - 6 mm

Corte pavilhão: 6 min Corte coroa: 4 min Total corte: 10 min
 Polimento pavilhão: 9 min Polimento coroa: 6 min Total polimento: 15 min
 Produção dos 8 lapidários no corte: 60/10 gemas/h . 8 lapidários = 48 gemas/h
 Produção dos 12 lapidários no polimento: 60/10 gemas/h . 12 lapidários = 48 gemas/h
 Regime de trabalho 16 h/dia . 48 gemas/h . 75% rendimento = 576 gemas/dia

Diâmetro da gema: 7 - 8 mm

Corte pavilhão: 8 min Corte coroa: 5 min Total corte: 13 min
 Polimento pavilhão: 10 min Polimento coroa: 8 min Total polimento: 18 min
 Produção dos 8 lapidários no corte: 60/13 gemas/h . 8 lapidários = 37 gemas/h
 Produção dos 12 lapidários no polimento: 60/18 gemas/h . 12 lapidários = 40 gemas/h
 Regime de trabalho 16 h/dia . 37 gemas/h . 75% rendimento = 444 gemas/dia

Diâmetro da gema: 9 - 10 mm

Corte pavilhão: 10 min Corte coroa: 8 min Total corte: 18 min
 Polimento pavilhão: 13 min Polimento coroa: 10 min Total polimento: 23 min
 Produção dos 8 lapidários no corte: 60/55 gemas/h . 8 lapidários = 27 gemas/h
 Produção dos 12 lapidários no polimento: 60/23 gemas/h . 12 lapidários = 31 gemas/h
 Regime de trabalho 16 h/dia . 27 gemas/h . 75% rendimento = 324 gemas/dia

Tabela 6.7) Resumo da capacidade de produção da oficina de lapidação:

Diâmetro (mm)	3 - 4 mm	5 - 6 mm	7 - 8 mm	9 - 10 mm
Gemas/hora	69	48	40	31
Gemas/dia (*)	828	576	444	324

(*) Considerando uma eficiência na oficina de 75%.

Com o *mix* de produção exposto anteriormente pode-se calcular a produção anual de cada tipo de gema calibrada entre 3 e 10 mm e a necessidade em termos de consumo de pedra martelada, considerando um aproveitamento mássico médio de 25% na lapidação manual.

Tabela 6.8) Mix de produção e consumo anual de pedras marteladas

Diâmetro (mm)	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Horas de operação/ano	540	540	540	540	540	540	540	540	4.320
Produção anual (gemas)	37.260	37.260	25.920	25.920	21.600	21.600	16.740	16.740	257.040
Produção anual (ct)	5.589	9.315	11.664	18.144	25.920	38.880	43.254	50.220	203.256
Consumo pedra martelada (g)	4.470	7.451	9.330	14.514	20.735	31.102	34.817	40.173	162.592

Tabela 6.9) Cálculo dos Rendimentos e Custo de Matéria-prima Anuais

Diâmetro	3	4	5	6	7	8	9	10
Produção (ct/ano)	5.589	9.315	11.664	18.144	25.920	38.880	43.254	50.220
Tipo EXTRA	2.235	3.726	4.665	7.257	10.368	15.552	17.409	20.088
Tipo FORTE	2.235	3.726	4.665	7.257	10.368	15.552	17.409	20.088
Tipo MÉDIA	1.119	1.863	2.334	3.630	5.184	7.776	8.706	10.044
Rendimento (US\$/ano)	19.335	32.229	39.854	62.775	89.683	134.525	195.854	225.990
Tipo EXTRA	11.175	18.630	23.325	36.285	51.840	77.760	113.158	130.572
Tipo FORTE	6.146	10.246	12.328	19.956	28.512	42.768	60.931	70.308
Tipo MÉDIA	2.014	3.353	4.201	6.534	9.331	13.997	21.765	25.110
Consumo martelada (g/ano)	4.470	7.451	9.330	14.514	20.735	31.102	34.817	40.173
Tipo EXTRA	1.788	2.980	3.732	5.805	8.294	12.441	13.927	16.069
Tipo FORTE	1.788	2.980	3.732	5.805	8.294	12.441	13.927	16.069
Tipo MÉDIA	894	1.491	1.866	2.904	4.147	6.220	6.693	8.035
Custo martelada (US\$/ano)	3.217	5.364	6.717	17.126	41.884	62.827	113.504	130.960
Tipo EXTRA	1.788	2.980	3.732	9.288	23.223	34.835	69.635	80.345
Tipo FORTE	1.072	1.788	2.239	5.805	14.929	22.394	32.032	36.956
Tipo MÉDIA	357	596	746	2.033	3.732	5.598	11.837	13.659
Saldo de Caixa (US\$/ano)	16.118	26.867	33.683	45.649	47.799	71.698	82.350	95.030
Pedra Martelada (g)	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0
Peso Gema Lapidada (ct)	0,15	0,25	0,45	0,70	1,20	1,80	2,60	3,00

TOTAL RECEITA ANUAL: US\$ 800.245

TOTAL CUSTO MATÉRIA-PRIMA: US\$ 381.599

MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO ANUAL: US\$ 418.646

Resumo dos Principais Parâmetros Econômicos:

Custo Operacional Total Anual: US\$ 225.420

Custo de Aquisição de Matéria-prima Anual: US\$ 381.599

Custo de Produção Anual: US\$ 607.019

Despesa Indiretas (5% custo de produção anual): US\$ 30.000

Custo de Produção Total Anual: US\$ 637.019

Capital de Giro = Custo de produção anual . 4 meses / 12 = US\$ 212.340

Custo Total de Investimento Inicial: US\$ 54.300

Custo de Reposição (10º ano = 50% custo aquisição equipamentos): US\$ 27.150

Receita Bruta Anual: US\$ 800.245

Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS - 12% sobre faturamento líquido - ICMS pago sobre pedras marteladas)

ICMS = 0,12 . (800.245 - 381.599) = US\$ 50.238

Receita Bruta Anual após ICMS = US\$ 750.007

Imposto de Renda (35% receita bruta tributável): US\$ 38.425

Receita Bruta Tributável (receita bruta após ICMS-custo de produção-depreciação)

Receita Bruta Tributável = 750.007 - 637.019 - 3.203 = US\$ 109.785

Receita Líquida Anual (receita bruta - custo de produção - tributação)

Receita Líquida Anual: US\$ 74.563

Payback = Investimento Inicial/Receita líquida Anual = 54.300 / 74.563 = 0,73

Payback = 9 meses = 1 ano

6.2. ANÁLISE DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO

O fluxo de caixa de operação (figura 6.1) para uma vida útil do projeto igual a 20 anos, foi desenvolvido com as seguintes características:

1. Investimento de 50% do investimento inicial no décimo ano de vida útil para reparos, troca e manutenção dos equipamentos e instalações existentes.
2. Valor residual de 20% do investimento inicial na substituição dos equipamentos;
3. O valor residual foi calculado como 50% do investimento inicial.

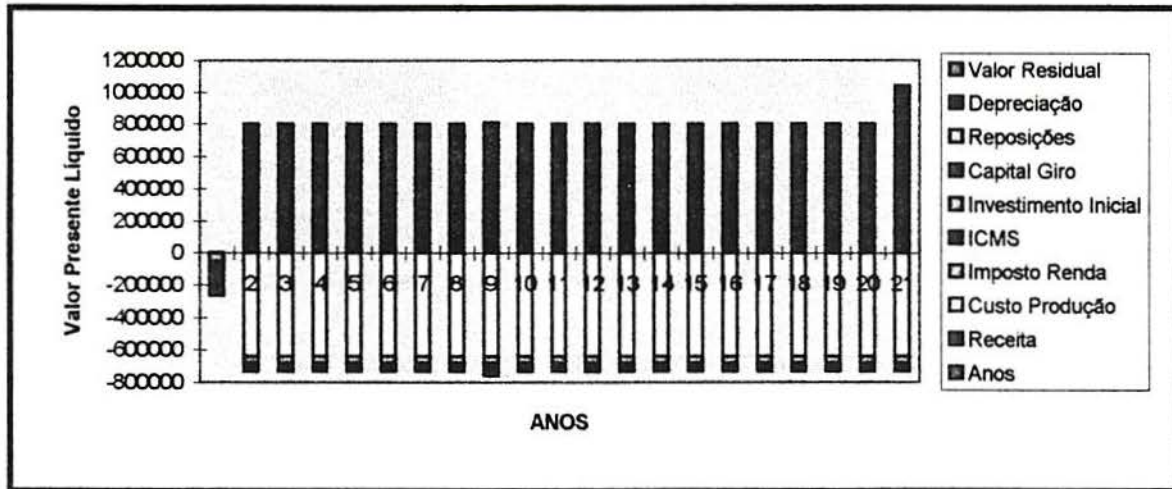


Figura 6.1) Fluxo de caixa de operação da oficina de lapidação manual

Para cálculo dos critérios de decisão financeiros utilizou-se a metodologia dita determinística e foram calculados o valor presente líquido, taxa interna de retorno e índice de lucratividade, da mesma maneira como se calculou esses critérios de decisão no capítulo 5 para o caso da lapidação mecanizada.

O fluxo de caixa líquido anual foi estimado a partir da seguinte fórmula:

onde:

$$FCA = R - CP - IR - ICMS - I_0 - CG - I_{10} + dp + VR_{10} + VR_{20}$$

R - receita operacional bruta: US\$ 800.245,00

CP - custo de produção (custo desembolsável + depreciação): US\$ 639.569,00

IR - dedução imposto de renda: US\$ 38.425,00

ICMS - dedução imposto sobre circulação de mercadorias: US\$ 50.238,00

I_0 - investimento inicial: US\$ 54.300,00

CG - capital de giro: US\$ 212.340,00

R_p - custo de reposição: US\$ 27.150,00

dp - depreciação: US\$ 3.203,00

VR_{10} - valor residual (10º ano): US\$ 10.860,00

VR_{20} - valor residual (20º ano): US\$ 27.150,00

A incidência de custos do projeto refere-se basicamente aos custos de produção (distribuído igualmente entre custo operacional e custo de aquisição de matéria-prima) sendo o investimento inicial relativamente pequeno quando comparado aos custos de produção. Dentro do investimento inicial é altamente significativa a parcela correspondente ao capital de giro necessário ao andamento do empreendimento e formação do estoque (US\$ 212.340,00) em relação ao ao capital fixo em equipamentos e instalações (US\$ 54.300,00). É portanto muito importante para a viabilização do empreendimento que se tenha um trabalho eficiente de colocação da produção realizada para que ocorra o giro de estoque possibilitando o prosseguimento das operações. Isso deve ser obtido basicamente através de eficiente controle de qualidade, alta produtividade, baixo índice de perdas e desperdício, eficiência nas compras de matéria-prima e *marketing* eficiente e atento às mudanças do mercado consumidor.

O tempo de autopagamento (*payback* simples) é de 9 meses ou aproximadamente 1 ano podendo ser reduzido em função da capacidade de aceleração da posta em marcha de operações e aumento de produtividade.

O fluxo de caixa desenvolvido para um período de 20 anos de operação da oficina de lapidação manual, apresentado esquematicamente na figura 6.1 pode ser desdobrado matematicamente na seguinte equação:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - CO - IR - ICMS - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = - 54.300 - 212.340 + (27.150 - 10.860) / 1,18^{10} + (212.340 + 27.150) / 1,18^{20} + (800.245 - 381.599 - 225.420 - 50.238 - 38.425 - 30.000) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -266.640 - 16.290 / 1,18^{10} + 239.490 / 1,18^{20} + 74.563 \cdot 5,3527 = 138.104$$

$$VPL(18\%) = - \text{US\$ } 138.104,00$$

A variação do valor presente líquido para diversas taxas de atratividade, que permitirão a determinação da taxa interna de retorno do investimento, é apresentada na tabela 6.10 abaixo.

Tabela 6.10) Valor líquido presente x taxa de retorno

Taxa de Retorno	Valor Líquido Presente
0%	1.447.834
5%	742.849
10%	397.481
15%	210.685
20%	100.070
25%	29.188
30%	- 19.323

A determinação da taxa interna de retorno foi realizada via interpolação linear simples através da dedução do valor presente líquido para as taxas de 27 e 28%, pois é entre esses valores que está a taxa interna de retorno visto que nesse intervalo ocorre a mudança do sinal do VPL. Assim temos:

$$\begin{aligned}\text{VPL (28\%)} &= 7.772 \\ \text{VPL (29\%)} &= - 1.913\end{aligned}$$

Portanto:

$$\frac{\text{TIR} - 28}{1.913} = \frac{27 - \text{TIR}}{7.772}$$

$$7.772 \times \text{TIR} + 1.913 \times \text{TIR} = 28 \times 7.772 + 27 \times 1.913$$

$$\text{TIR} = \frac{267.867}{9.635} = 27,80 \quad \text{TIR} = 27,8\% \text{ a.a}$$

O índice de lucratividade é calculado como o quociente entre o valor presente das receitas advindas da operação da oficina de lapidação manual e o valor presente das respectivas despesas de operação e investimentos no projeto. Dessa forma, para uma taxa de retorno de 18% aa, temos o seguinte valor para esse indicador econômico:

$$\text{IL (18\%)} = \frac{4.294.289}{4.156.185} = 1,033 \quad \text{IL (18\%)} \Rightarrow 1,03$$

O valor presente líquido do projeto (calculado para uma taxa de desconto de 18% aa) é de aproximadamente US\$ 138.104 ao passo que a taxa interna de retorno situa-se em torno de 27,8% indicando a lucratividade das operações no período analisado.

O índice de lucratividade (valor presente das receitas/valor presente das despesas) apresenta um valor de 1,03 significando que para cada dólar gasto no empreendimento o mesmo retorna 1,03 dólares ao investidor.

Analisando globalmente todos os indicadores determinados conclui-se pela viabilidade econômica do empreendimento na lapidação de ametistas através do método manual. O estudo desse método apontou um valor presente líquido em torno de US\$ 140.000, para uma taxa de atratividade de 18% aa, uma taxa de retorno de 27,8% aa e um período de autopagamento de 1 ano, todos esses critérios indicando a viabilidade do projeto estudado.

6.3. ANÁLISES DE RISCO E INCERTEZA

A incerteza do projeto de lapidação manual de ametistas pode ser avaliado através de análises de sensibilidade do valor presente líquido, calculado para uma taxa de retorno de 18% a.a, frente a variações nas estimativas referentes ao investimento inicial, custo de aquisição de matéria-prima, rendimento obtido no conjunto mecanizado (aproveitamento de matéria-prima), eficiência global da fábrica, custo operacional anual (custo operacional + despesas indiretas) e preço de venda das gemas lapidadas.

Dessa forma pode-se ter uma idéia de como uma variação nesses parâmetros estimados influenciam a rentabilidade do projeto e quais deles são críticos e devem ser controlados de maneira mais cuidadosa, seja nas estimativas de valores quanto no futuro controle operacional.

1. Variação no Investimento Inicial

O investimento inicial foi estimado em US\$ 54.300, admitindo-se uma variação para maior ou para menor de até 30% nesse valor temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_0 - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$\text{Considerando que: } I_{10} = 0,5 \cdot I_0 \quad VR_{10} = 0,2 \cdot I_0 \quad VR_{20} = 0,5 \cdot I_0$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1,0391 \cdot I_0 - 0,9635 \cdot CG + (74.563) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -1,0391 \cdot I_0 - 204.590 + 399.113$$

$$VPL(18\%) = 194.523 - 1,0391 \cdot I_0$$

Tabela 6.11) Variação no investimento

Valor Investimento	Δ Investimento	VPL (18%)
38.010	-30%	155.027
43.440	-20%	149.384
48.870	-10%	143.742
54.300	0	138.100
59.730	+10%	132.458
65.160	+20%	126.815
70.590	+30%	121.173

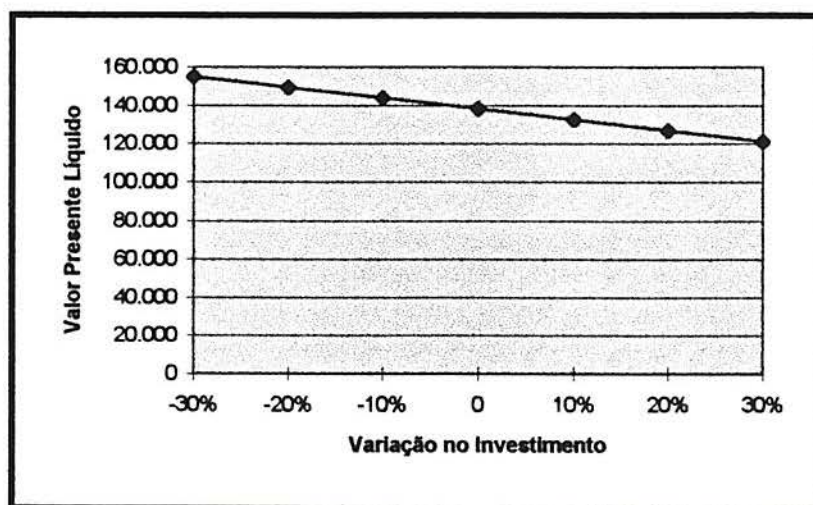


Figura 6.2) Valor presente líquido x Δ Investimento

2. Variação no Custo de Aquisição de Matéria-prima

O custo de aquisição de matéria-prima foi obtido a partir de preços históricos de pedras marteladas extraídos do boletim de preços do DNPM e foi estimado em 381.599 US\$/ano, admitindo-se uma variação para mais ou para menos de até 40% no valor estimado temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -56.423 - 204.590 + (800.245 - 38.425 - 50.238 - 225.420 - 30.000 - MP) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -261.013 + (456.162 - MP) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = 2.441.698 - 261.013 - 5,3527 \cdot MP$$

$$VPL(18\%) = 2.180.685 - 5,3527 \cdot MP$$

Tabela 6.12) Variação no custo da matéria-prima

Valor Custo Matéria-prima	Δ Custo matéria-prima	VPL (18%)
228.959	-40%	955.136
267.119	-30%	750.877
305.279	-20%	546.618
343.439	-10%	342.359
381.599	0	138.100
419.759	+10%	- 66.159
457.919	+20%	- 270.418
496.079	+30%	- 474.677
534.239	+40%	- 678.936

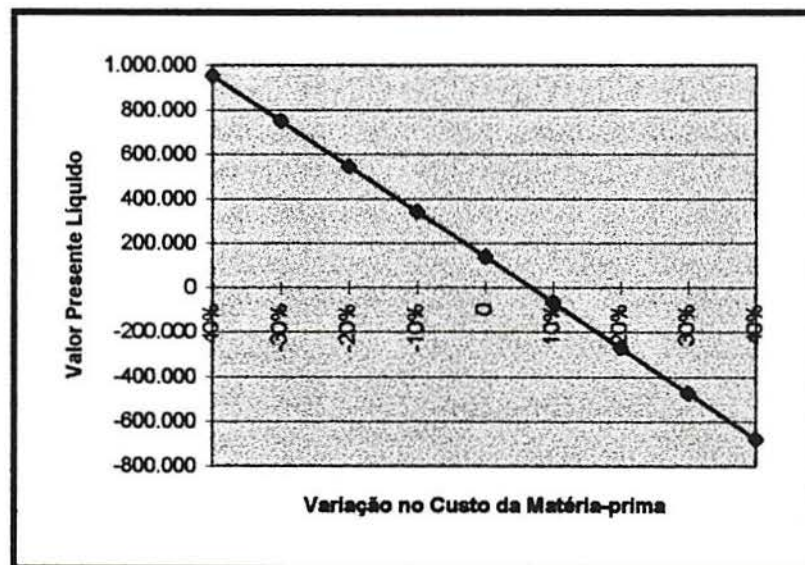


Figura 6.3) Valor presente líquido x Δ Custo da matéria-prima

3. Variação no Rendimento da Oficina de Lapidação Manual

O rendimento da oficina de lapidação afeta diretamente a quantidade de matéria-prima consumida no processo de lapidação e foi estimado em 25% de aproveitamento mássico da pedra martelada, admitindo-se uma variação para mais e para menos de até 30% nesse valor temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

Considerando que o aproveitamento afeta o consumo de matéria-prima da seguinte forma:

$$Q_{mp} = \text{Prod} / \text{Rend} \text{ e } MP = Q_{mp} \cdot \text{cmp} = \text{Prod} / \text{Rend} \cdot \text{cmp};$$

onde:

Q_{mp} - consumo de matéria-prima

cmp - custo médio unitário da matéria-prima ($\text{cmp} = 0,4694 \text{ US\$/ct}$)

Prod - produção de gemas lapidadas

Rend - rendimento da oficina de lapidação (aproveitamento)

temos:

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R - \text{Prod} / \text{Rend} \cdot \text{cmp} - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -56.423 - 204.590 + (800.245 - 38.425 - 50.238 - 225.420 - 30.000 - \text{Prod} / \text{Rend} \cdot 0,4694) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -261.013 + 2.441.704 - 203.256 / \text{Rend} \cdot 0,4694 \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = 2.181.691 - 1.087.986 \cdot 0,4694 / \text{Rend}$$

$$VPL(18\%) = 2.181.691 - 510.692 / \text{Rend}$$

Tabela 6.13) Variação no rendimento

Valor Rendimento	Δ Rendimento	VPL (18%)
18%	-30%	- 655.487
20%	-20%	- 371.769
23%	-10%	- 38.709
25%	0	138.923
28%	+10%	357.791
30%	+20%	479.384
33%	+30%	634.139

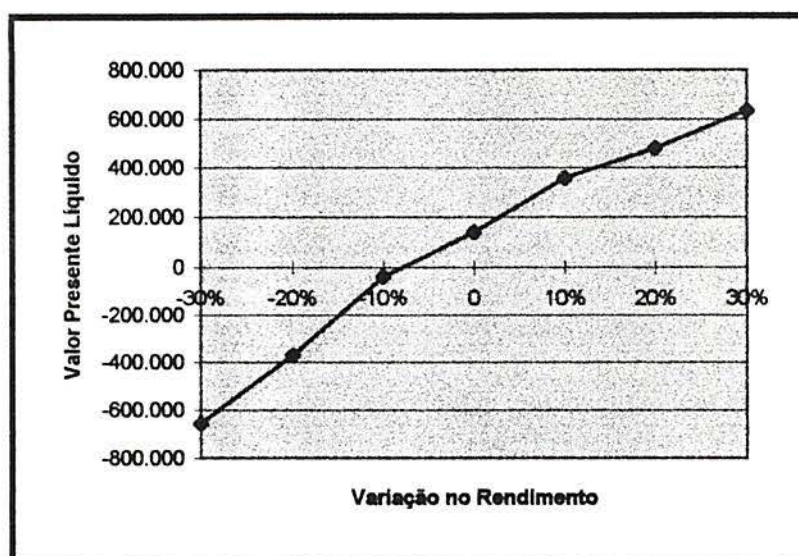


Figura 6.4) Valor presente líquido x Δ Rendimento

4. Variação na Eficiência Global da Fábrica

A eficiência global da fábrica está diretamente relacionada com o tempo efetivo de operação da oficina de lapidação manual e, em consequência, no número de gemas produzidas, o que influi também no consumo de matéria-prima. A eficiência global da fábrica foi estimada em 75%, perfazendo um total de 4.320 horas/ano de operação (turno de 16 horas), admitindo-se uma variação na eficiência global da fábrica entre 70 e 95% temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

Considerando que a eficiência global da fábrica afeta tanto a quantidade de gemas lapidadas como o consumo de matéria-prima, temos:

Prod (ct) - produção de gemas lapidadas em ct Qmp (g) - consumo de matéria-prima em g
 pv - preço médio gema lapidada = 3,9371 US\$/ct cmp - custo médio matéria-prima = 2,3470 US\$/g

$$VPL(18\%) = -56.423 - 204.590 + (Prod(ct) \cdot 3,9371 - Qmp(g) \cdot 2,3470 - 38.425 - 50.238 - 255.420 - 30.000) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -261.013 - 1.841.934 + (Prod \cdot 3,9371 - Qmp \cdot 2,3470) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = (Prod \cdot 3,9371 - Qmp \cdot 2,3427) \cdot 5,3527 - 2.102.947$$

Tabela 6.14) Variação na eficiência

Valor Eficiência	Horas/ano	Produção gemas (ct/ano)	Consumo matéria-prima (g/ano)	VPL (18%)
70%	3.558	167.404	133.913	- 254.294
75%	3.812	179.355	143.472	- 122.305
80%	4.066	191.305	153.032	9.650
85%	4.320	203.256	162.592	141.627
90%	4.574	215.207	172.152	273.604
95%	4.828	227.157	181.712	405.559

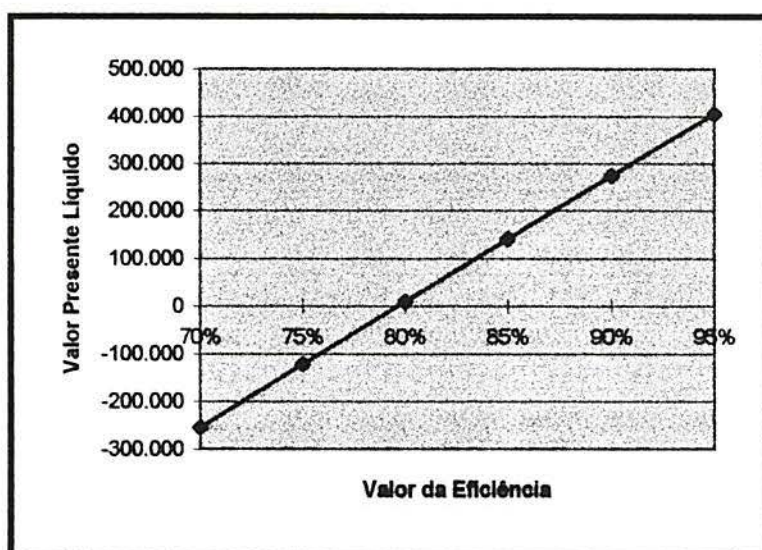


Figura 6.5) Valor presente líquido x Δ Eficiência

5. Variação no Custo Operacional

O custo operacional anual foi estimado em 225.420 US\$/ano de custo de produção mais 30.000 US\$/ano de despesas indiretas, totalizando 255.420 US\$/ano, admitindo-se uma variação para mais e para menos de até 40% no valor estimado temos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_{10} - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

Considerando que $CO = CP + DI$, temos:

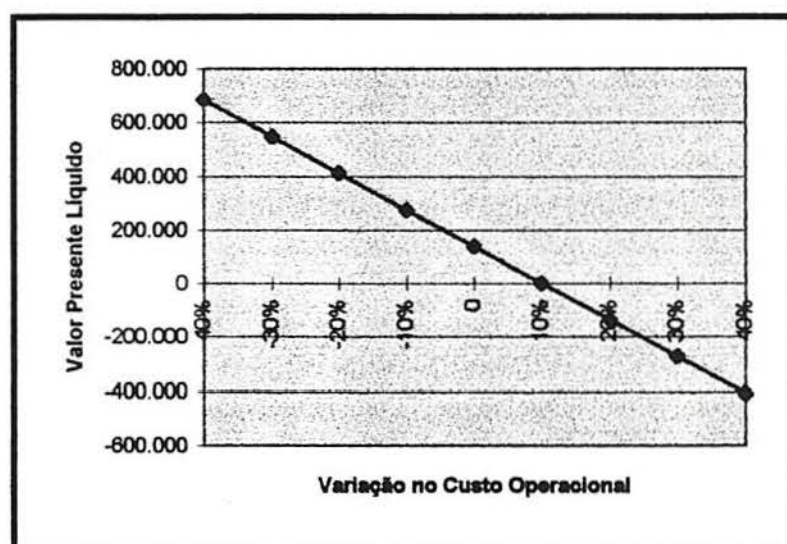
$$VPL(18\%) = -56.423 - 204.590 + (800.245 - 381.599 - 38.425 - 50.238 - CO) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -261.013 + 1.766.300 - 5,3527 \cdot CO$$

$$VPL(18\%) = 1.505.287 - 5,3527 \cdot CO$$

Tabela 6.15) Variação no custo operacional

Valor Custo Operacional	Δ Custo Operacional	VPL (18%)
153.252	-40%	684.975
178.794	-30%	548.256
204.336	-20%	411.538
229.878	-10%	274.819
255.420	0	138.100
280.962	+10%	1.382
306.504	+20%	- 135.337
332.046	+30%	- 272.056
357.588	+40%	- 408.774

Figura 6.6) Valor presente líquido x Δ Custo operacional

6. Variação no Preço de Venda das Gemas Lapidadas

O preço de venda das gemas lapidadas foi obtido a partir de preços históricos extraídos do boletim de preços do DNPM e está diretamente relacionado com a receita anual gerada no processo de lapidação manual. Admitindo-se uma variação para mais e para menos de até 40% no valor estimado isso se refletirá diretamente na receita anual e teremos a seguinte influência no valor presente líquido:

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - (I_0 - VR_{10}) / (1,18)^{10} + (CG + VR_{20}) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 - CG - 0,3 \cdot I_0 / (1,18)^{10} + (CG + 0,5 \cdot I_0) / (1,18)^{20} + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot (1 + 0,3/(1,18)^{10} - 0,5/(1,18)^{20}) - CG \cdot (1 - 1/(1,18)^{20}) + (R - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

Considerando o preço de venda médio das gemas lapidadas (pv), temos

$$VPL(18\%) = -I_0 \cdot 1,0391 - CG \cdot 0,9635 + (Prod \cdot pv - MP - IR - ICMS - CP - DI) \cdot 5,3527$$

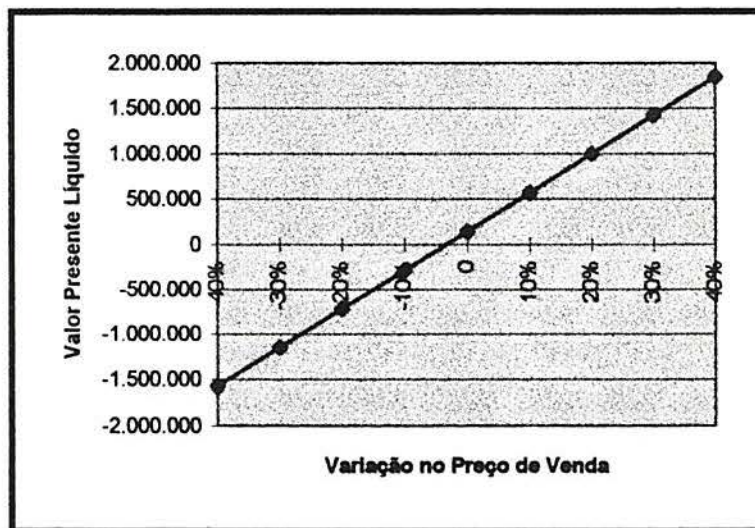
$$VPL(18\%) = -56.423 - 204.590 + (203.256 \cdot pv - 381.599 - 38.425 - 50.238 - 225.420 - 30.000) \cdot 5,3527$$

$$VPL(18\%) = -261.013 + (203.256 \cdot pv) \cdot 5,3527 - 3.884.358$$

$$VPL(18\%) = 1.087.968 \cdot pv - 4.145.371$$

Tabela 6.16) Variação no preço de venda

Valor Preço de Venda	Δ Preço de Venda	VPL (18%)
2,3623	-40%	- 1.575.263
2,7560	-30%	- 1146.930
3,1497	-20%	- 718.597
3,5434	-10%	- 290.264
3,9371	0	138.069
4,3308	+10%	566.402
4,7245	+20%	994.736
5,1182	+30%	1.423.069
5,5119	+40%	1.851.402

Figura 6.7) Valor presente líquido x Δ Preço de venda

Abaixo apresenta-se um resumo das análises de sensibilidade realizadas para verificação dos parâmetros econômicos críticos do processo para uma variação desfavorável de 10 e 20% nos valores estimados.

Tabela 6.17) Sensibilidade de projeto frente às variáveis analisadas

Variação	Investimento	Custo matéria-prima	Rendimento Oficina Lapidção	Eficiência Global	Custo Operacional	Preço de Venda
10%	132.458	- 66.159	- 38.709	9.650	1.382	- 290.264
base = 100	96	- 148	- 128	7	1	- 310
20%	126.815	- 270.418	- 371.769	- 122.305	- 135.337	- 718.597
base = 100	92	- 296	- 369	- 189	- 198	- 620
Sensibilidade	pequena	muito grande	muito grande	grande	grande	muito grande

Pode-se concluir que os parâmetros econômicos críticos do projeto são o preço de venda das gemas lapidadas, o rendimento na oficina de lapidação manual, o aproveitamento da matéria-prima, o custo da matéria-prima, o custo operacional e eficiência global da oficina, todas aumentando a probabilidade de insucesso do empreendimento, com pequenas variações desfavoráveis nos valores estimados (menos que 10%). O investimento inicial afeta de maneira menos intensa a rentabilidade do projeto quando da situação desfavorável em sua estimativa inicial.

Em ordem de grandeza os parâmetros que mais afetam a lucratividade do investimento no processo de lapidação mecanizada são:

1. Preço de venda da gema lapidada
2. Rendimento na lapidação manual
3. Custo de aquisição da matéria-prima
4. Custo operacional
5. Eficiência global da fábrica
6. Investimento inicial

Considerando as estimativas dos parâmetros econômicos nas situações provável, favorável e desfavorável podemos realizar uma análise da incerteza e risco do projeto em relação à desvios nos valores estimados para os principais parâmetros, conforme apresentado abaixo:

Tabela 6.18) Parâmetros econômicos nas situações provável, favorável e desfavorável

Parâmetro	Desfavorável	Provável	Favorável
Investimento inicial	70.600	54.300	38.000
Custo matéria-prima	534.239	381.599	228.959
Custo de produção	315.588	225.420	135.252
Aproveitamento matéria-prima	18%	25%	35%
Preço de venda	2,36	3,94	5,52
Eficiência global fábrica	70%	85%	95%
Capital de giro	260.000	212.340	140.000
Despesas indiretas	42.000	30.000	18.000

As estimativas desfavorável e favorável foram calculadas para uma variação máxima considerada aceitável para cada parâmetro econômico estimado, em função da complexidade para sua determinação e incerteza dos dados obtidos.

Na pior das hipóteses, com todos os parâmetros analisados em sua variação mais desfavorável, teremos os seguintes componentes do fluxo de caixa de operação do conjunto mecanizado:

Investimento: 70.600

Capital de giro: 260.000

Custo de aquisição de matéria-prima: 534.239

Custo de produção: 315.599

Despesas indiretas: 42.000

Receita: 479.684

Imposto de renda: - 141.959 (crédito)

Imposto sobre circulação de mercadorias: - 6.547 (crédito)

Na hipótese mais otimista possível, com todos os parâmetros calculados para a variação mais favorável, teremos os seguintes componentes do fluxo de caixa de operação do conjunto mecanizado:

Investimento: 38.000
 Capital de giro: 140.000
 Custo de aquisição de matéria-prima: 228.959
 Custo de produção: 135.252
 Despesas indiretas: 18.000
 Receita: 1.121.973
 Imposto de renda: 220.745
 Imposto sobre circulação de mercadorias: 107.162

Assim dentro das três situações analisadas nas óticas otimista, pessimista e moderada temos os seguintes resultados para o cálculo do valor presente líquido:

Pessimista

$$\text{VPL (18\%)} = - 70.600 - 260.000 - (35.300 - 14.120)/1,18^{10} + (260.000 + 35.300)/1,18^{20} + (479.684 - 534.239 - 315.588 - 42.000 + 141.959 + 6.547) \cdot 5,3527$$

$$\text{VPL (18\%)} = - 1.735.036$$

Otimista

$$\text{VPL (18\%)} = - 38.000 - 140.000 - (19.000 - 7.600)/1,18^{10} + (140.000 + 19.000)/1,18^{20} + (1.121.973 - 228.959 - 135.252 - 18.000 - 220.745 - 107.162) \cdot 5,3527$$

$$\text{VPL (18\%)} = 2.030.163$$

Valor Presente Líquido	Situação
- 1.735.036	Pessimista
138.104	Moderada
2.030.163	Otimista

Estimando-se uma probabilidade de ocorrência dessas situações pode-se, de maneira simples estimar-se a probabilidade do valor presente líquido para a operação da oficina de lapidação manual.

Para cálculo do valor presente líquido provável, considerando as três situações apresentadas acima, utilizou-se uma probabilidade de 20% para a situação pessimista, 65% para a situação moderada e 15% para a situação otimista, como apresentado abaixo.

Probabilidade	Valor Presente Líquido	Situação
20%	- 1.735.036	Pessimista
65%	138.104	Moderada
15%	2.030.163	Otimista

Para cálculo do valor presente líquido provável, considerando as três situações apresentadas acima, utilizou-se uma probabilidade de 20% para a situação pessimista, 65% para a situação moderada e 15% para a situação otimista, como apresentado abaixo.

Valor presente líquido provável:

$$\text{VPL}(18\%): 0,20 \cdot (-1.735.036) + 0,65 \cdot (138.104) + 0,15 \cdot (2.030.163)$$

$$\text{VPL (18\%): US\$ 47.285,00}$$

(7) DETERMINAÇÃO DO PONTO DE EQUILÍBRIO

7.1. INTRODUÇÃO - PONTO DE NIVELAMENTO

O ponto de equilíbrio ("breakeven point") indica o grau em que um erro na estimativa das vendas não gera perdas efetivas à empresa.

Se o projeto está projetado para produzir e vender uma quantidade Q de bens e obter um lucro $L = R - C$, ao empresário interessa saber qual a quantidade mínima q , que deve ser vendida para que, pelo menos, não ocorram perdas. Interessa saber, no caso do estudo de mercado ou previsão de vendas está errado, ou a demanda comportar-se mal em algum ano, até que ponto pode-se reduzir as vendas sem que a fábrica sofra prejuízo.

O ponto de equilíbrio é nível mínimo de produção e vendas em que a fábrica pode funcionar "autonomamente", ou seja, sem perdas. A partir do nível de produção determinado pelo ponto de equilíbrio a empresa estará operando em regime de lucro, abaixo desse nível de produção a empresa ocorrerá em prejuízo.

7.2. DETERMINAÇÃO ANALÍTICA

Para calcular o ponto de equilíbrio é suficiente aplicar o seu conceito a uma expressão que iguale as receitas e os custos representados em função do nível de produção.

Seja, ao nível de produção máxima, a receita igual a R , e o custo total igual a $C = C_f + C_v$, onde C_f - custos fixos e C_v - custos variáveis. Com base nesses dados pode-se calcular o lucro da empresa:

$$L = R - C = p_v \cdot q - (C_f + C_v)$$

onde p_v é o preço unitário médio da produção.

Considera-se o ponto de equilíbrio correspondendo a um nível de produção " q " equivalente à fração " n " da produção total Q .

Para esse ponto:

$$\begin{aligned} R_n &= p_v \cdot n \\ C_n &= C_f + c_v \cdot n \\ n \cdot (R - C_v) &= C_f \\ n &= C_f / (R - C_v) \end{aligned}$$

Assim, o ponto de equilíbrio pode ser obtido em função do custo fixo, da receita e do custo variável que a empresa apresenta no seu nível máximo de produção projetada.

Essa expressão indica em que fração de capacidade instalada em funcionamento a empresa se mantém sem lucros nem prejuízos.

O ponto de equilíbrio pode também apresentar-se de outras maneiras. Por exemplo:

$$n = Cf / (R - Cv) \times 100$$

É uma maneira de apresentá-lo como uma percentagem da produção total projetada, ou:

$$N = Cf / (1 - Cv/R)$$

Que é uma maneira financeira de representar o ponto de equilíbrio, como valor das vendas ($N = R \cdot n$) necessária para que não haja perdas na empresa.

Dessa maneira, a análise dos pontos de nivelamento permite estimar dentro de que zona de capacidade utilizada a empresa terá possibilidade de êxito.

Para a determinação do ponto de equilíbrio dos projetos de lapidação em análise, e verificar os riscos referentes ao comprometimento da capacidade produtiva com as necessidades de retorno do investimento, deve-se determinar os custos fixos, variáveis e o preço médio de venda dos quilates produzidos.

Os custos fixos dos projetos se referem basicamente aos custos com a amortização dos equipamentos e instalações, parcela da energia elétrica e água consumida, mão-de-obra indireta, supervisão e parcela das despesas indiretas.

O custo variável do projeto é composto pelos custos com a mão-de-obra direta, parcela da energia elétrica e água consumida, peças de reposição e manutenção, consumo de matéria-prima, parcela das despesas indiretas, imposto de renda (IR) e imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS).

O preço de venda médio gerado em cada alternativa de lapidação é calculado pelo valor total da receita gerada anualmente dividida pela produção física em quilates de pedras lapidadas por ano.

Assim tem-se, para cada um dos processos de lapidação os seguintes elementos para cálculo do ponto de equilíbrio:

Lapidação Mecanizada:

Custos Fixos Anuais	US\$
Amortização de equipamentos (depreciação)	17.667
Energia elétrica (20% do total consumido)	3.600
Água (10% do total consumido)	200
Mão-de-obra indireta	25.200
Supervisão	14.400
Despesas diversas do custo operacional (20% das despesas diversas)	1.900
Despesas indiretas (20% das despesas indiretas)	44.000
TOTAL	106.967

Custos Variáveis Anuais	US\$
Mão-de-obra direta	54.000
Energia elétrica (80% do total consumido)	14.400
Água (90% do total consumido)	1.600
Peças de reposição/manutenção	34.200
Consumo de matéria-prima	2.061.684
Despesas diversas do custo operacional (80% das despesas diversas)	7.700
Despesas indiretas (80% das despesas indiretas)	176.000
ICMS	153.981
Imposto de renda	257.015
TOTAL	2.760.580

Produção anual de pedras lapidadas: 844.830 ct

Custo variável unitário: $2.760.580 / 844.830 = 3,267$ US\$/ct

Receita bruta anual: US\$ 3.344.861

Preço médio de venda: $3.344.861 / 844.830 = 3,959$ US\$/ct

Cálculo do ponto de equilíbrio:

$$n = Cf / (\text{margem de contribuição}) = Cf / (pv - cv)$$

$$n = \frac{106.967 \text{ US$/ano}}{(3,959 - 3,267) \text{ US$/ct}} = 154.576 \text{ ct/ano}$$

Este valor corresponde à $154.576 / 844.830 = 18,30 \Rightarrow 18\%$ da capacidade de produção do conjunto mecanizado.

$$N = Cf / (1 - Cv/R) = 106.967 / (1 - 2.760.580/3.344.861) = 612.359 \text{ US$/ano}$$

Assim conclui-se que a produção mínima para não haver prejuízo na operação do conjunto mecanizado é de 155.000 ct/ano de pedras lapidadas, correspondendo a cerca de 18% da capacidade de produção anual, gerando uma receita mínima de aproximadamente 615.000 US\$/ano.

Lapidação Manual:

Custos Fixos Anuais	US\$
Amortização de equipamentos (depreciação)	3.203
Energia elétrica (20% do total consumido)	1.500
Água (10% do total consumido)	120
Mão-de-obra indireta	25.200
Supervisão	14.400
Despesas diversas do custo operacional (20% das despesas diversas)	2.160
Despesas indiretas (20% das despesas indiretas)	6.000
TOTAL	52.583

Custos Variáveis Anuais	US\$
Mão-de-obra direta	144.000
Energia elétrica (80% do total consumido)	6.000
Água (90% do total consumido)	480
Peças de reposição/manutenção	22.920
Consumo de matéria-prima	381.599
Despesas diversas do custo operacional (80% das despesas diversas)	8.640
Despesas indiretas (80% das despesas indiretas)	24.000
ICMS	50.238
Imposto de renda	38.425
TOTAL	676.302

Produção anual de pedras lapidadas: 203.256 ct

Custo variável unitário: $676.302 / 203.256 = 3,327$ US\$/ct

Receita bruta anual: US\$ 800.245

Preço médio de venda: $800.245 / 203.256 = 3,937$ US\$/ct

Cálculo do ponto de equilíbrio:

$$n = Cf / (\text{margem de contribuição}) = Cf / (pv - cv)$$

$$n = \frac{52.583 \text{ US$/ano}}{(3,937 - 3,327) \text{ US$/ct}} = 86.202 \text{ ct/ano}$$

Este valor corresponde à $86.202 / 203.256 = 42,41 \Rightarrow 42,5\%$ da capacidade de produção da oficina de lapidação manual.

$$N = Cf / (1 - Cv/R) = 52.583 / (1 - 676.302/800.245) = 339.505 \text{ US$/ano}$$

Assim conclui-se que a produção mínima para não haver prejuízo na operação da oficina de lapidação manual é de 86.000 ct/ano de pedras lapidadas, correspondendo a cerca de 42,5% da capacidade de produção anual, gerando uma receita mínima de aproximadamente 340.000 US\$/ano.

Figura 8.1) Fluxo de caixa da lapidação mecanizada:

Figura 8.2) Fluxo de caixa da lapidação manual:

(9) ANÁLISE PROBABILÍSTICA DO RISCO - SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Foi realizada uma análise econômica probabilística do risco associado à probabilidade de insucesso dos projetos de lapidação mecanizada e manual através da técnica de Monte Carlo.

Pela técnica de Monte Carlo pode-se avaliar a probabilidade de ocorrência de insucesso (prejuízo) do projeto analisando-se a distribuição de frequência do valor presente líquido (ou taxa interna de retorno), de acordo com a distribuição de probabilidade dos parâmetros técnicos e econômicos formadores do fluxo de caixa de cada projeto específico.

A partir da distribuição de frequências resultante da aplicação da técnica de Monte Carlo é possível a determinação do valor médio esperado do critério de decisão econômico, a sua variabilidade (desvio padrão) e a probabilidade de insucesso através de uma normalização da distribuição de frequências (usando-se a curva normal reduzida).

A distribuição de probabilidade dos parâmetros econômicos formadores do fluxo de caixa são estimativas da faixa de ocorrência provável dos valores do investimento inicial em equipamentos e instalações, custo de aquisição de matéria-prima, custo operacional, despesas indiretas e receitas anuais. As distribuições de probabilidade desses parâmetros, utilizada para a simulação do valor presente líquido e taxa interna de retorno através da técnica de Monte Carlo, são apresentados nas tabelas 9.1 a 9.12 e nas figuras 9.1 a 9.12 para os projetos de lapidação mecanizada e lapidação manual.

A metodologia utilizada foi a geração de números aleatórios entre 0 e 1, para cada um dos parâmetros econômicos, que foram relacionados com a distribuição de probabilidade acumulada desses parâmetros e definiram o valor dos mesmos. Esses valores foram utilizados para o cálculo do fluxo de caixa e dos critérios de decisão (valor líquido presente e taxa interna de retorno) e, após um certo número de iterações (superior a 300), permitiram a definição de uma distribuição de probabilidade aproximadamente normal dos critérios de decisão econômicos. Após ter-se essa distribuição de probabilidades fez-se uma transformação para a curva normal reduzida que permitiu a determinação do risco de insucesso do projeto analisado.

Tabela 9.1) Distribuição de probabilidade do investimento em equipamentos (lapidação mecanizada)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
175000	5%	0,05
212500	15%	0,20
250000	60%	0,80
287500	15%	0,95
325000	5%	1,00

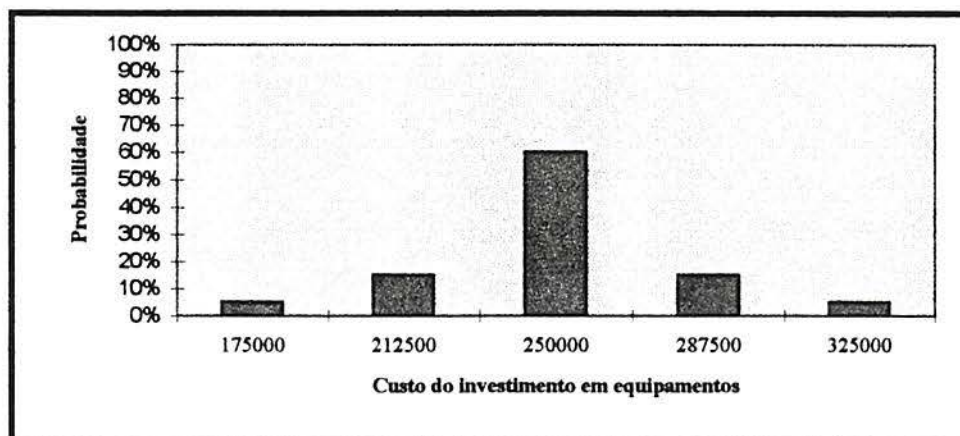


Figura 9.1) Distribuição de probabilidade do investimento em equipamentos (lapidação mecanizada)

Tabela 9.2) Distribuição de probabilidade do investimento em instalações (lapidação mecanizada)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
14000	5%	0,05
17000	15%	0,20
20000	60%	0,80
23000	15%	0,95
26000	5%	1,00

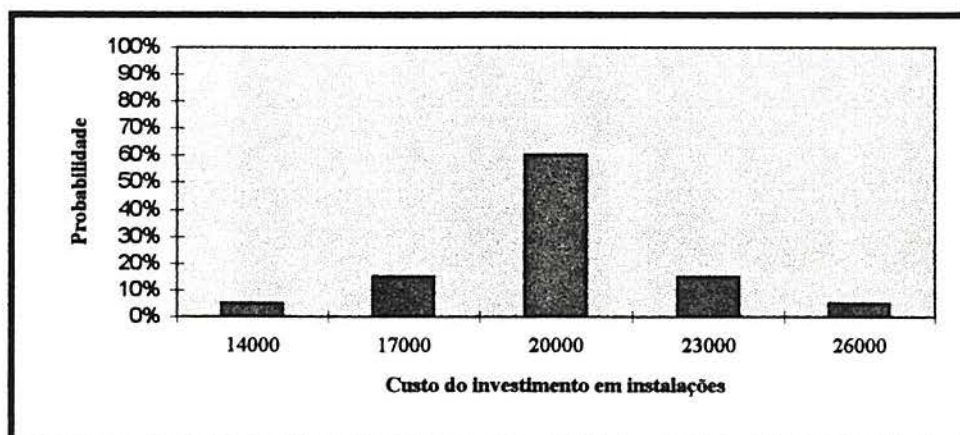


Figura 9.2) Distribuição de probabilidade do investimento em instalações (lapidação mecanizada)

Tabela 9.3) Distribuição de probabilidade do custo da matéria-prima (lapidação mecanizada)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
1443178	5%	0,05
1752431	15%	0,20
2061684	60%	0,80
2370936	15%	0,95
2680189	5%	1,00

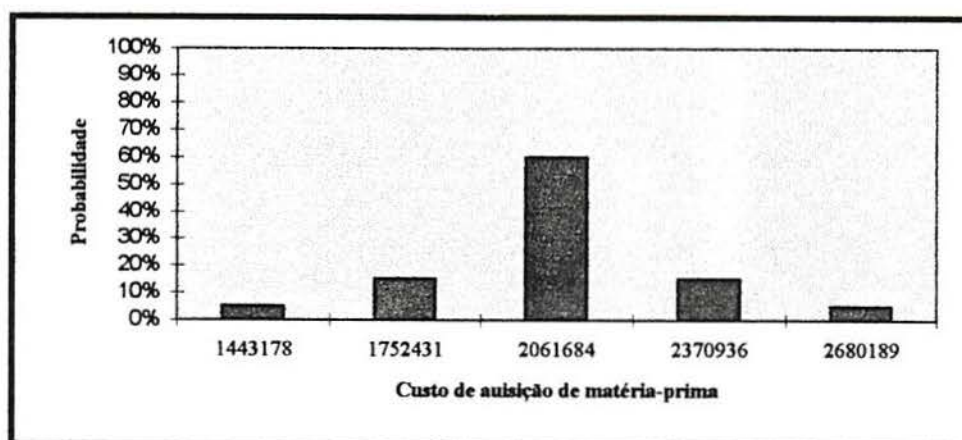


Figura 9.3) Distribuição de probabilidade do custo da matéria-prima (lapidação mecanizada)

Tabela 9.4) Distribuição de probabilidade das receitas anuais (lapidação mecanizada)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
2341402	5%	0,05
2843131	15%	0,20
3344861	60%	0,80
3846590	15%	0,95
4348519	5%	1,00

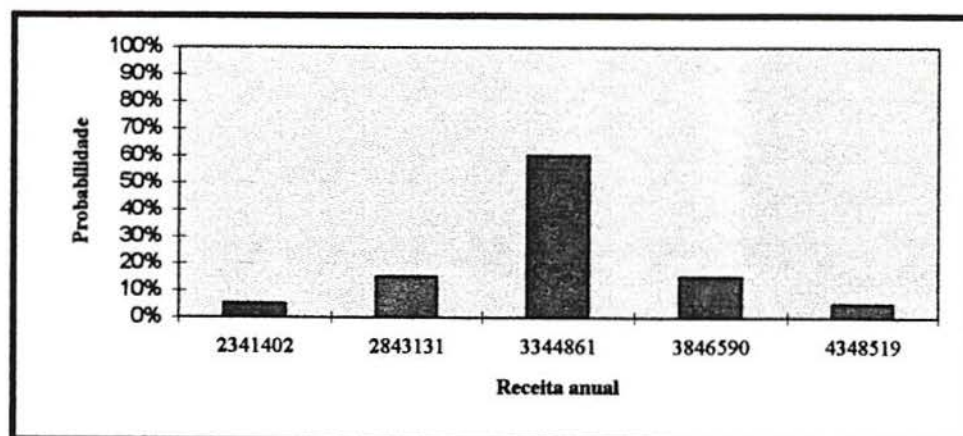


Figura 9.4) Distribuição de probabilidade das receitas anuais (lapidação mecanizada)

Tabela 9.5) Distribuição de Probabilidade do custo operacional (lapidação mecanizada)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
110040	5%	0,05
133620	15%	0,20
157200	60%	0,80
180780	15%	0,95
204360	5%	1,00

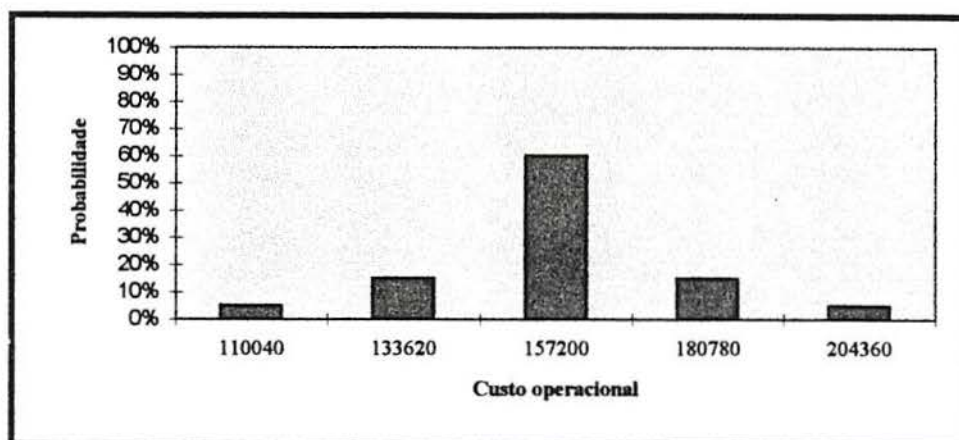


Figura 9.5) Distribuição de Probabilidade do custo operacional (lapidação mecanizada)

Tabela 9.6) Distribuição de Probabilidade das despesas indiretas (lapidação mecanizada)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
154000	5%	0,05
187000	15%	0,20
220000	60%	0,80
253000	15%	0,95
286000	5%	1,00

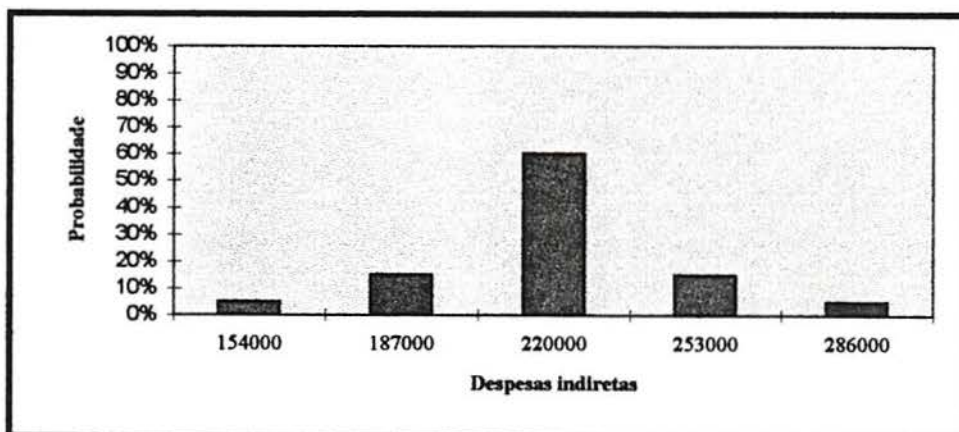


Figura 9.6) Distribuição de Probabilidade das despesas indiretas (lapidação mecanizada)

Tabela 9.7) Distribuição de probabilidade do investimento em equipamentos (lapidação manual)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
20510	5%	0,05
24905	15%	0,20
29300	60%	0,80
33695	15%	0,95
38090	5%	1,00

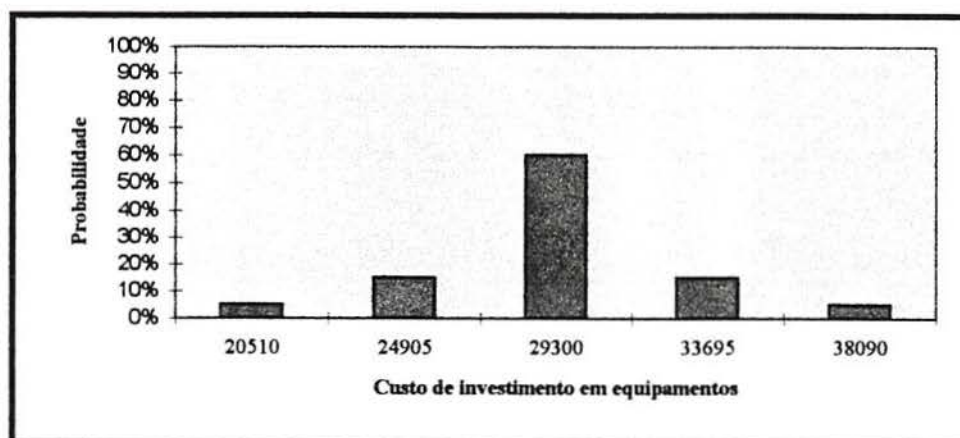


Figura 9.7) Distribuição de probabilidade do investimento em equipamentos (lapidação manual)

Tabela 9.8) Distribuição de probabilidade do investimento em instalações (lapidação manual)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
17500	5%	0,05
21250	15%	0,20
25000	60%	0,80
28750	15%	0,95
32500	5%	1,00

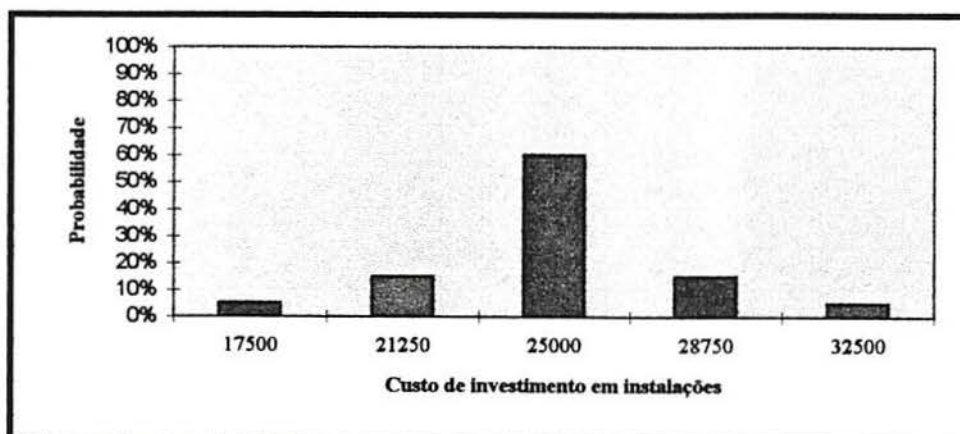


Figura 9.8) Distribuição de probabilidade do investimento em instalações (lapidação manual)

Tabela 9.9) Distribuição de probabilidade do custo da matéria-prima (lapidação manual)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
267119	5%	0,05
324359	15%	0,20
381599	60%	0,80
438839	15%	0,95
496079	5%	1,00

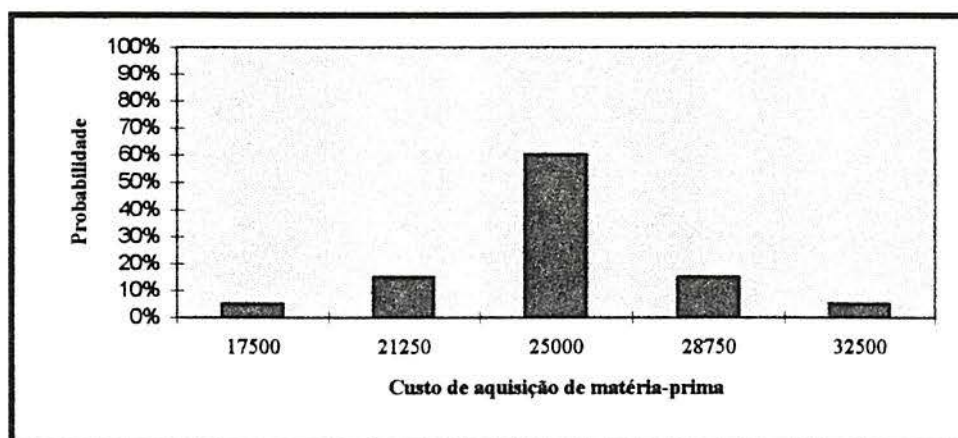


Figura 9.9) Distribuição de probabilidade do custo da matéria-prima (lapidação manual)

Tabela 9.10) Distribuição de probabilidade das receitas anuais (lapidação manual)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
560172	5%	0,05
680208	15%	0,20
800245	60%	0,80
920282	15%	0,95
1040319	5%	1,00

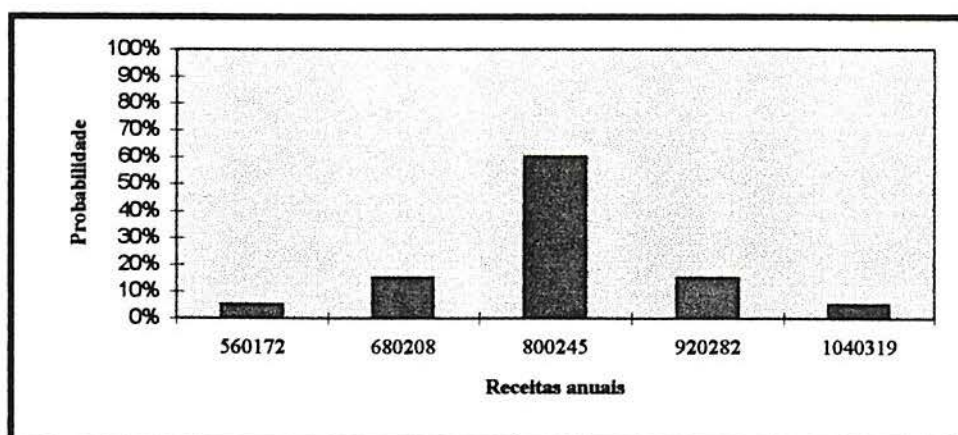


Figura 9.10) Distribuição de probabilidade das receitas anuais (lapidação manual)

Tabela 9.11) Distribuição de Probabilidade do custo operacional (lapidação manual)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
157794	5%	0,05
191607	15%	0,20
225420	60%	0,80
259233	15%	0,95
293046	5%	1,00

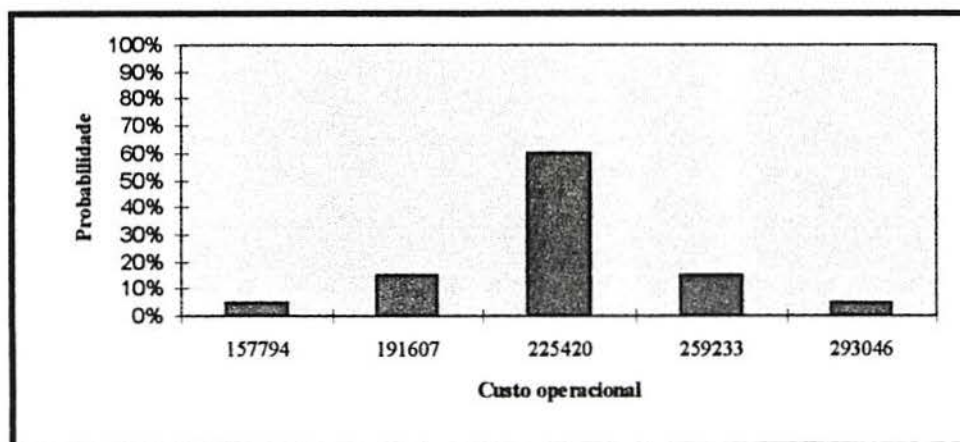


Figura 9.11) Distribuição de Probabilidade do custo operacional (lapidação manual)

Tabela 9.12) Distribuição de Probabilidade das despesas indiretas (lapidação manual)

Valor	Probabilidade	Prob Acumul
21000	5%	0,05
25500	15%	0,20
30000	60%	0,80
34500	15%	0,95
39000	5%	1,00

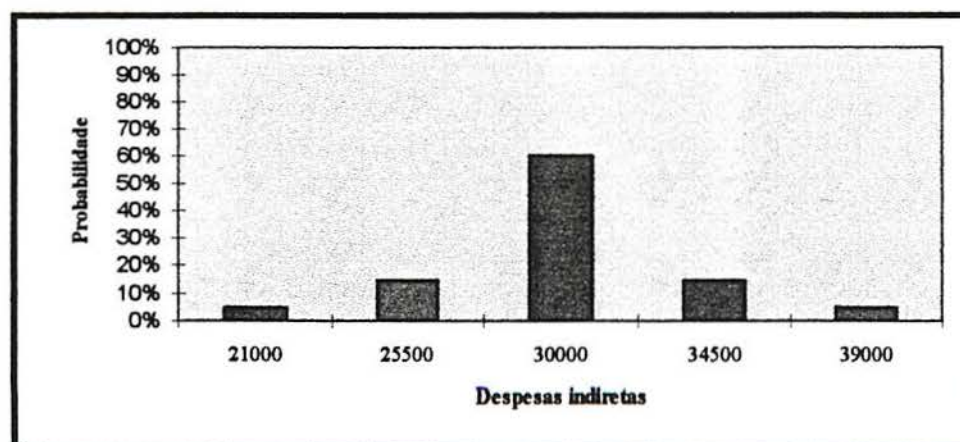


Figura 9.12) Distribuição de Probabilidade das despesas indiretas (lapidação manual)

9.1. SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE LAPIDAÇÃO MECANIZADA

O fluxo de caixa resultante do processo de lapidação mecanizada de ametistas do Rio Grande do Sul, apresentado na figura 9.13, foi desenvolvido em planilha eletrônica EXCELL 5.0. A distribuição de probabilidade das variáveis do projeto de lapidação mecanizada seguiram a seguinte relação:

70% do valor provável	5% de probabilidade
85% do valor provável	15% de probabilidade
Valor provável (estimado)	60% de probabilidade
115% do valor provável	15% de probabilidade
130% do valor provável	5% de probabilidade

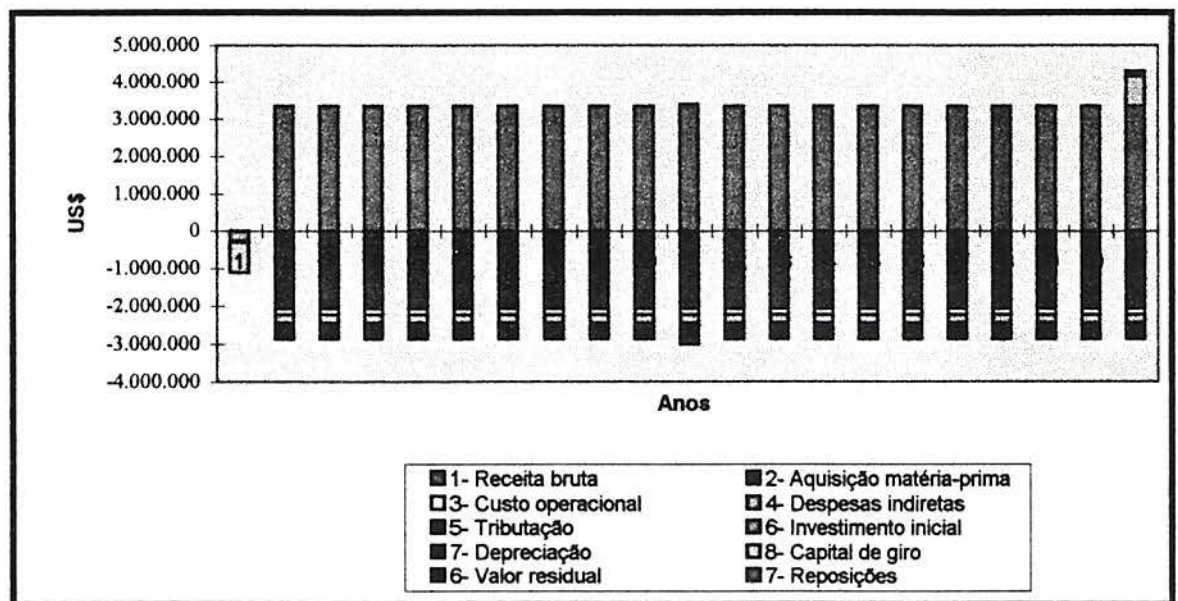


Figura 9.13) Fluxo de caixa lapidação mecanizada

Para o fluxo de caixa do processo de lapidação mecanizada foram realizadas 501 iterações para determinação da distribuição de frequências do valor presente líquido e 491 iterações para a taxa interna de retorno. Os resultados para o valor presente líquido são apresentados na figura 9.14 e para a taxa interna de retorno no figura 9.15.

Os cálculos relativos a determinação estatística dos resultados da simulação do fluxo de caixa para o valor presente líquido e taxa interna de retorno se encontram a seguir. Os dados numéricos para determinação das distribuições de frequência das figuras 9.14 e 9.15 são apresentados nas tabelas 9.13 e 9.14.

Para confecção da tabela 9.13 foram utilizados os seguintes valores para determinação das faixas de variação do valor presente líquido:

$$n = 501$$

$$R+ = 7.000.000$$

$$R- = - 4.000.000$$

$$h = 500.000$$

$$k = \frac{R+ - R-}{h} = \frac{11.000.000}{500.000} = 22$$

Tabela 9.13) Distribuição de frequência do valor presente líquido - lapidação mecanizada

Faixa	Frequência f_i	Ponto médio x_i	z_i	$z_i \cdot f_i$	$z_i^2 \cdot f_i$
-4.000.000 : -3.500.000	1	-3.750.000	-10	-10	100
-3.500.000 : -3.000.000	1	-3.250.000	-9	-9	81
-3.000.000 : -2.500.000	2	-2.750.000	-8	-16	128
-2.500.000 : -2.000.000	3	-2.250.000	-7	-21	147
-2.000.000 : -1.500.000	9	-1.750.000	-6	-54	324
-1.500.000 : -1.000.000	15	-1.250.000	-5	-75	375
-1.000.000 : -500.000	17	-750.000	-4	-68	272
-500.000 : 0	19	-250.000	-3	-57	171
0 : 500.000	50	250.000	-2	-100	200
500.000 : 1.000.000	32	750.000	-1	-32	32
1.000.000 : 1.500.000	56	1.250.000	0	0	0
1.500.000 : 2.000.000	140	1.750.000	1	140	140
2.000.000 : 2.500.000	22	2.250.000	2	44	88
2.500.000 : 3.000.000	37	2.750.000	3	111	333
3.000.000 : 3.500.000	44	3.250.000	4	176	704
3.500.000 : 4.000.000	19	3.750.000	5	95	475
4.000.000 : 4.500.000	14	4.250.000	6	84	504
4.500.000 : 5.000.000	12	4.750.000	7	84	588
5.000.000 : 5.500.000	3	5.250.000	8	24	192
5.500.000 : 6.000.000	2	5.750.000	9	18	162
6.000.000 : 6.500.000	0	6.250.000	10	0	0
6.500.000 : 7.000.000	3	6.750.000	11	33	363
TOTAL	501	-	-	367	5.379

$$z_i = \frac{x_i - x_0}{h} = \frac{x_i - 1.250.000}{500.000}$$

$$\mu(x) = h \cdot \mu(z) + x_0 \text{ (média da variável } x)$$

$$\mu(z) = \Sigma(z_i \cdot f_i) / n = 367 / 501 = 0,7325 \text{ (média da variável } z)$$

$$\mu(x) = 500.000 \cdot 0,7325 + 1.250.000 = \text{US\$ } 1.616.267$$

$$S_z^2 = \frac{[\Sigma z_i^2 \cdot f_i - (\Sigma z_i \cdot f_i)^2 / n]}{n} = \frac{[5.379 - (367)^2 / 501]}{501} = 10,1999 \text{ (variância da variável } z)$$

$$\delta_z = (S_z^2)^{1/2} = 3,1937 \text{ (desvio-padrão da variável } z)$$

$$\delta_x = \delta_z \cdot h = 3,1937 \cdot 500.000 = \text{US\$ } 1.596.864$$

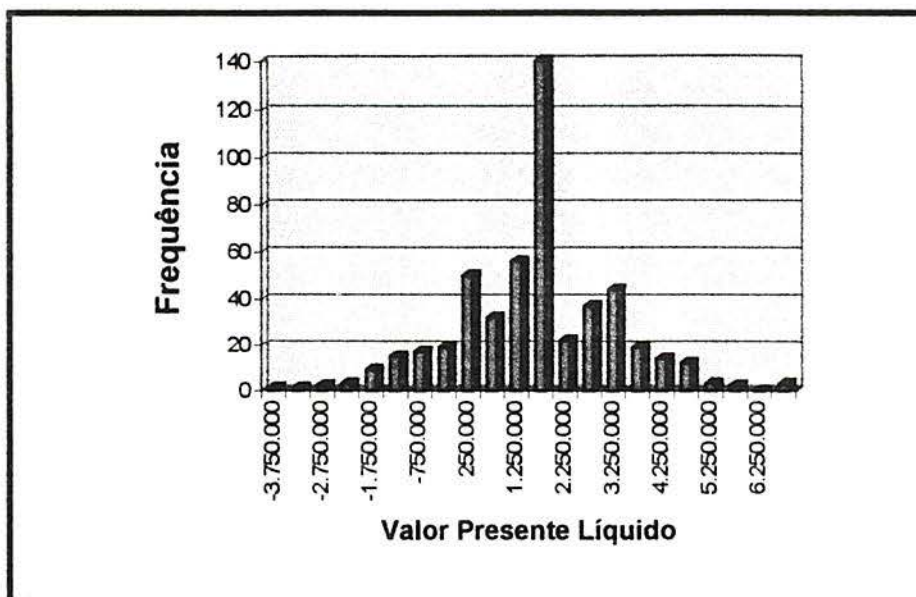


Figura 9.14) Distribuição de frequências do valor presente líquido - Lapidação mecanizada

Transformação para a curva normal reduzida:

$$Z_0 = \frac{X_0 - \mu(x)}{\delta_x}$$

$$\mu(x) = 1.616.267$$

$$\delta_x = 1.596.864$$

Para $X_0 \leq 0$ (prejuízo nas operações para uma taxa de retorno de 18% a.a), temos:

$$Z_0 = \frac{0 - 1.616.267}{1.596.864} = -1,01$$

$$P(VPL \leq 0) = P(Z_0 \leq -1,01) = 0,5 - 0,3438 = 0,1562 = 16\%$$

A probabilidade do valor presente líquido do projeto de lapidação mecanizada ser negativo (< 0), para uma taxa de desconto do fluxo de caixa de 18% a.a., é de aproximadamente 16%.

O valor presente líquido esperado para o projeto é de US\$ 1.616.267

Para confecção da tabela 9.14 foram utilizados os seguintes valores para determinação das faixas de variação da taxa interna de retorno:

$$n = 491$$

$$R+ = 170,71$$

$$R- = -10,00$$

$$h = 10,00$$

$$k = \frac{R+ - R-}{h} = \frac{180,71}{10,00} = 18$$

Tabela 9.14) Distribuição de frequência da taxa interna de retorno - lapidação mecanizada

Faixa	Frequência f_i	Ponto médio x_i	z_i	$z_i \cdot f_i$	$z_i^2 \cdot f_i$
-10 : 0	28	-10	-5	-140	700
0 : 10	20	5	-4	-80	320
10 : 20	37	15	-3	-111	333
20 : 30	56	25	-2	-112	224
30 : 40	29	35	-1	-29	29
40 : 50	147	45	0	0	0
50 : 60	39	55	1	39	39
60 : 70	41	65	2	82	164
70 : 80	39	75	3	117	351
80 : 90	15	85	4	60	240
90 : 100	15	95	5	75	375
100 : 110	15	105	6	90	540
110 : 120	0	115	7	0	0
120 : 130	3	125	8	24	192
130 : 140	2	135	9	18	162
140 : 150	0	145	10	0	0
150 : 160	0	155	11	0	0
160 : 170	5	165	12	60	720
TOTAL	491	-	-	93	4.389

$$z_i = \frac{x_i - x_0}{h} = \frac{x_i - 45}{10}$$

$$\mu(x) = h \cdot \mu(z) + x_0 \text{ (média da variável } x)$$

$$\mu(z) = \sum (z_i \cdot f_i) / n = 93 / 491 = 0,1894 \text{ (média da variável } z)$$

$$\mu(x) = 10 \cdot 0,1894 + 45 = 46,89\% \text{ aa}$$

$$S_z^2 = \frac{[\sum z_i^2 \cdot f_i - (\sum z_i \cdot f_i)^2 / n]}{n} = \frac{[4.389 - (93)^2 / 491]}{491} = 8,9030 \text{ (variância da variável } z)$$

$$\delta_z = (S_z^2)^{1/2} = 2,9838 \text{ (desvio-padrão da variável } z)$$

$$\delta_x = \delta_z \cdot h = 2,9838 \cdot 10 = 29,84\% \text{ aa}$$

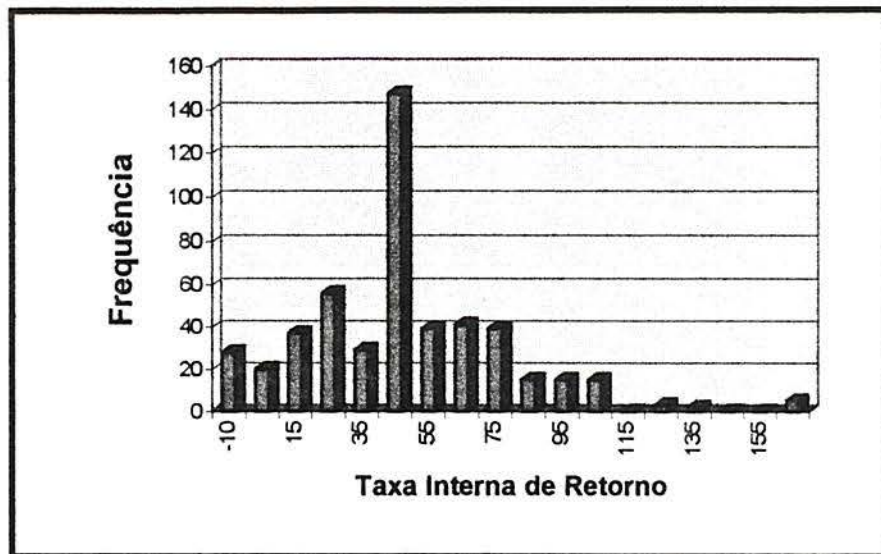


Figura 9.15) Distribuição de frequência da taxa interna de retorno - lapidação mecanizada

Transformação para a curva normal reduzida:

$$Z_o = \frac{X_o - \mu(x)}{\delta_x}$$

$$\mu(x) = 46,89\% \text{ aa}$$

$$\delta_x = 29,84\% \text{ aa}$$

Para $X_o \leq 6,17\% \text{ aa}$ (taxa mínima da atratividade = taxa da poupança anual), temos:

$$Z_o = \frac{6,17 - 46,89}{29,84} = -1,36$$

$$P(i \leq 6,17\% \text{ aa}) = P(Z_o \leq -1,36) = 0,5 - 0,4131 = 0,0869 = 9\%$$

A probabilidade da taxa interna de retorno do projeto de lapidação mecanizada ser menor que a taxa mínima de atratividade, que é igual a taxa anual da poupança (6,17% aa), é de aproximadamente 9% aa.

A taxa interna de retorno esperada para o projeto é de 46,89% aa

9.2. SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE LAPIDAÇÃO MANUAL

O fluxo de caixa resultante do processo de lapidação manual de ametistas do Rio Grande do Sul, apresentado na figura 9.16 foi desenvolvido em planilha eletrônica EXCELL 5.0. A distribuição de probabilidade das variáveis do projeto de lapidação manual seguiram a seguinte relação:

70% do valor provável	5% de probabilidade
85% do valor provável	15% de probabilidade
Valor provável (estimado)	60% de probabilidade
115% do valor provável	15% de probabilidade
130% do valor provável	5% de probabilidade

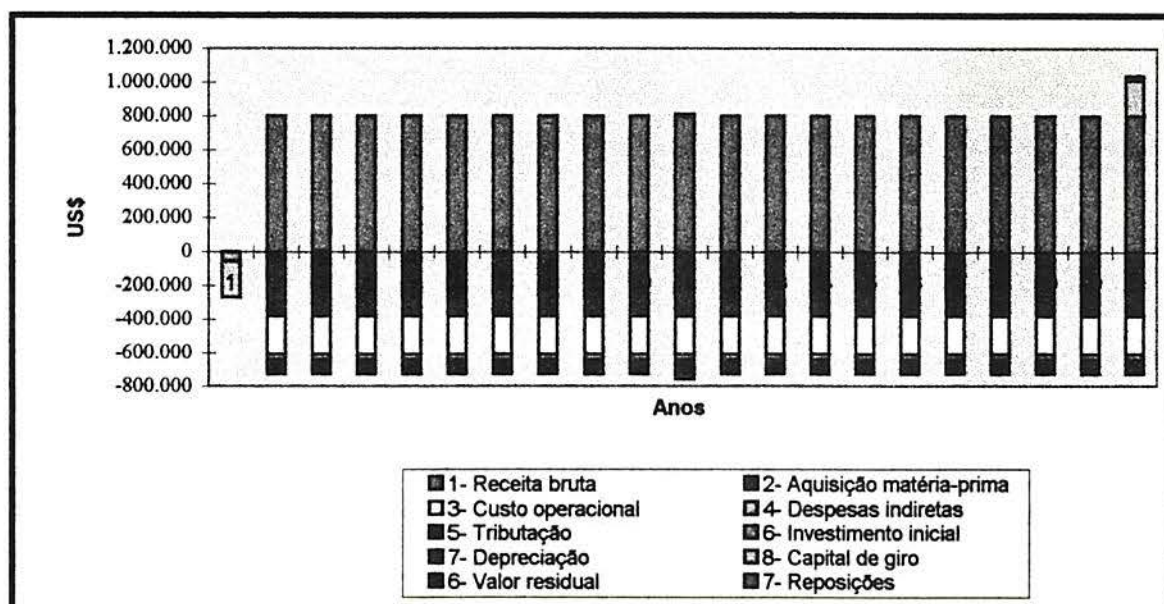


Figura 9.16) Fluxo de caixa lapidação manual

Para o fluxo de caixa do processo de lapidação manual foram realizadas 525 iterações para determinação da distribuição de frequências do valor presente líquido e 525 iterações para a taxa interna de retorno. Os resultados para o valor presente líquido são apresentados na figura 9.17 e para a taxa interna de retorno no figura 9.18.

Os cálculos relativos a determinação estatística dos resultados da simulação do fluxo de caixa para o valor presente líquido e taxa interna de retorno se encontram a seguir. Os dados numéricos para determinação das distribuições de frequência das figuras 9.17 e 9.18 são apresentados nas tabelas 9.15 e 9.16.

Para confecção da tabela 13.15 foram utilizados os seguintes valores para determinação das faixas de variação do valor presente líquido:

$$\begin{aligned}
 n &= 525 \\
 R^+ &= 1.517.448 \\
 R^- &= - 869.074 \\
 h &= 150.000 \\
 k &= \frac{R^+ - R^-}{h} = \frac{2.386.522}{150.000} = 16
 \end{aligned}$$

Tabela 9.15) Distribuição de frequência do valor presente líquido - lapidação manual

Faixa	Frequência f_i	Ponto médio x_i	z_i	$z_i \cdot f_i$	$z_i^2 \cdot f_i$
-850.000 : -700.000	10	-775.000	-6	-60	360
-700.000 : -550.000	13	-625.000	-5	-65	325
-550.000 : -400.000	23	-475.000	-4	-92	368
-400.000 : -250.000	36	-325.000	-3	-108	324
-250.000 : -100.000	48	-175.000	-2	-96	192
-100.000 : 50.000	63	-25.000	-1	-63	63
50.000 : 200.000	151	125.000	0	0	0
200.000 : 350.000	68	275.000	1	68	68
350.000 : 500.000	49	425.000	2	98	196
500.000 : 650.000	31	575.000	3	93	279
650.000 : 800.000	13	725.000	4	52	208
800.000 : 950.000	14	875.000	5	70	350
950.000 : 1100.000	3	1.025.000	6	18	108
1.100.000 : 1.250.000	1	1.175.000	7	7	49
1.250.000 : 1.400.000	1	1.325.000	8	8	64
1.400.000 : 1550.000	1	1.475.000	9	9	81
TOTAL	525	-	-	- 61	3.035

$$z_i = \frac{x_i - x_0}{h} = \frac{x_i - 125.000}{150.000}$$

$$\mu(x) = h \cdot \mu(z) + x_0 \text{ (média da variável } x)$$

$$\mu(z) = \Sigma(z_i \cdot f_i) / n = -61 / 525 = -0,1162 \text{ (média da variável } z)$$

$$\mu(x) = 150.000 \cdot (-0,1162) + 125.000 = \text{US\$ } 107.571$$

$$S_z^2 = \frac{[\Sigma z_i^2 \cdot f_i - (\Sigma z_i \cdot f_i)^2 / n]}{n} = \frac{[3.035 - (-61)^2 / 525]}{525} = 5,7675 \text{ (variância da variável } z)$$

$$\delta_z = (S_z^2)^{1/2} = 2,4016 \text{ (desvio-padrão da variável } z)$$

$$\delta_x = \delta_z \cdot h = 2,4016 \cdot 150.000 = \text{US\$ } 360.233$$

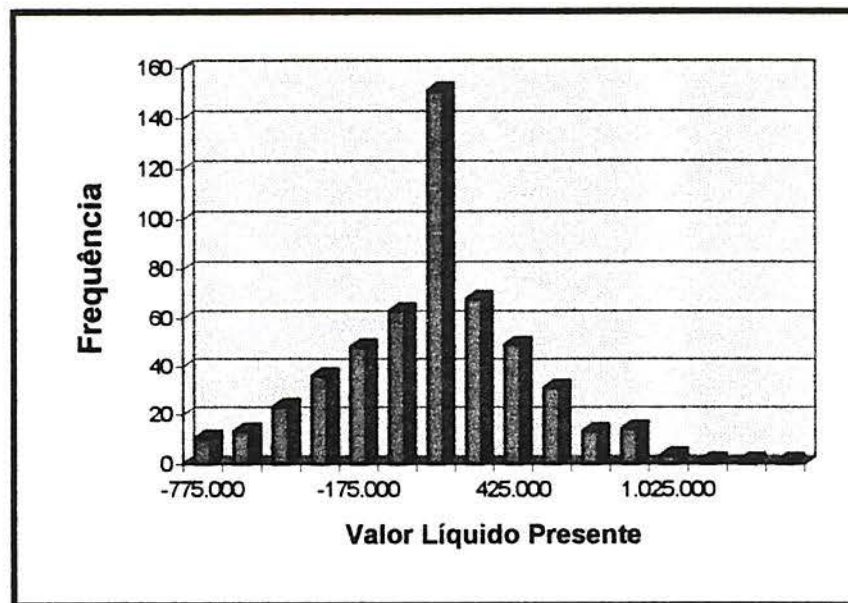


Figura 9.17) Distribuição de frequência do valor presente líquido - lapidação manual

Transformação para a curva normal reduzida:

$$Z_0 = \frac{X_0 - \mu(x)}{\delta_x}$$

$$\mu(x) = 107.571$$

$$\delta_x = 360.233$$

Para $X_0 \leq 0$ (prejuízo nas operações para uma taxa de retorno de 18% a.a), temos:

$$Z_0 = \frac{0 - 107.571}{360.233} = -0,30$$

$$P(VPL \leq 0) = P(Z_0 \leq -0,30) = 0,5 - 0,1179 = 0,3821 = 38\%$$

A probabilidade do valor presente líquido do projeto de lapidação manual ser negativo (< 0), para uma taxa de desconto do fluxo de caixa de 18% a.a., é de aproximadamente 38%.

O valor presente líquido esperado para o projeto é de US\$ 107.571

Para confecção da tabela 13.16 foram utilizados os seguintes valores para determinação das faixas de variação da taxa interna de retorno:

$$n = 525$$

$$R+ = 156,03$$

$$R- = -10,00$$

$$h = 10,00$$

$$k = \frac{R+ - R-}{h} = \frac{166,03}{10,00} = 17$$

Tabela 9.16) Distribuição de frequência da taxa interna de retorno - lapidação manual

Faixa	Frequência f_i	Ponto médio x_i	z_i	$z_i \cdot f_i$	$z_i^2 \cdot f_i$
-10 : 0	71	-10	-4	-284	1.136
0 : 10	53	5	-3	-159	477
10 : 20	62	15	-2	-124	248
20 : 30	148	25	-1	-148	148
30 : 40	54	35	0	0	0
40 : 50	56	45	1	56	56
50 : 60	37	55	2	74	148
60 : 70	15	65	3	45	135
70 : 80	14	75	4	56	224
80 : 90	8	85	5	40	200
90 : 100	4	95	6	24	144
100 : 110	1	105	7	7	49
110 : 120	0	115	8	0	0
120 : 130	1	125	9	9	81
130 : 140	0	135	10	0	0
140 : 150	0	145	11	0	0
150 : 160	1	155	12	12	144
160 : 170	0	165	13	0	0
TOTAL	491	-	-	-394	3.190

$$z_i = \frac{x_i - x_0}{h} = \frac{x_i - 35}{10}$$

$$\mu(x) = h \cdot \mu(z) + x_0 \text{ (média da variável } x)$$

$$\mu(z) = \Sigma(z_i \cdot f_i) / n = -394 / 525 = -0,7505 \text{ (média da variável } z)$$

$$\mu(x) = 10 \cdot (-0,7505) + 35 = 27,50\% \text{ aa}$$

$$S_z^2 = \frac{[\Sigma z_i^2 \cdot f_i - (\Sigma z_i \cdot f_i)^2 / n]}{n} = \frac{[3.190 - (-394)^2 / 525]}{525} = 5,5130 \text{ (variância da variável } z)$$

n

525

$$\delta_z = (S_z^2)^{1/2} = 2,3480 \text{ (desvio-padrão da variável } z)$$

$$\delta_x = \delta_z \cdot h = 2,3480 \cdot 10 = 23,48\% \text{ aa}$$

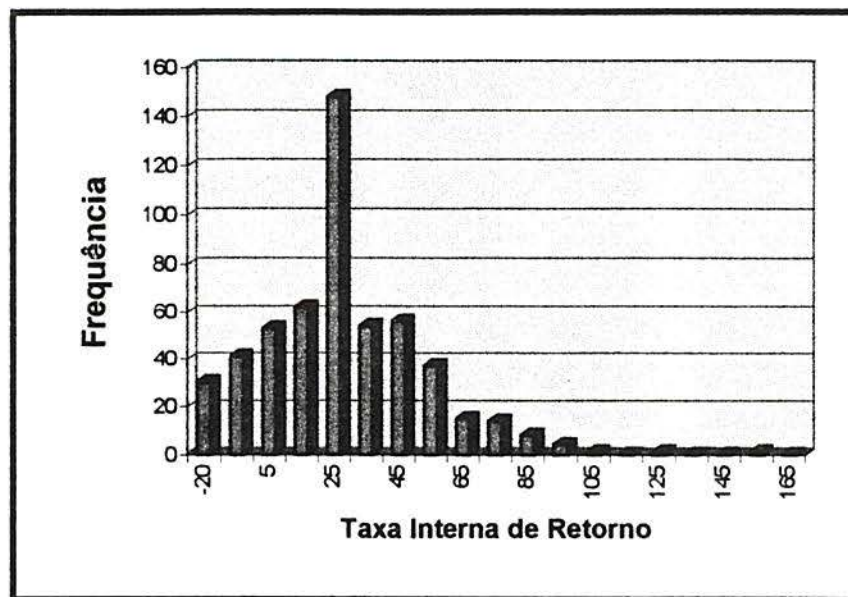


Figura 9.18) Distribuição de frequência da taxa interna de retorno - lapidação manual

Transformação para a curva normal reduzida:

$$Z_0 = \frac{X_0 - \mu(x)}{\delta_x}$$

$$\mu(x) = 27,50\% \text{ aa}$$

$$\delta_x = 23,48\% \text{ aa}$$

Para $X_0 \leq 6,17\% \text{ aa}$ (taxa mínima da atratividade = taxa da poupança anual), temos:

$$Z_0 = \frac{6,17 - 27,50}{23,48} = -0,91$$

$$P(i \leq 6,17\% \text{ aa}) = P(Z_0 \leq -0,91) = 0,5 - 0,3186 = 0,1814 = 18\%$$

A probabilidade da taxa interna de retorno do projeto de lapidação mecanizada ser menor que a taxa mínima de atratividade, que é igual a taxa anual da poupança (6,17% aa), é de aproximadamente 18% aa.

A taxa interna de retorno esperada para o projeto é de 27,51% aa

(10) ANÁLISE HISTÓRICA DOS PREÇOS DE VENDA

Foi realizado um levantamento dos preços de venda no Boletim de Preços do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) durante os últimos 15 anos (de 1980 à 1992) e também um levantamento junto a duas empresas exportadoras de pedras preciosas em bruto e lapidadas para compor um gráfico de tendência histórico que possibilite uma estimação mais realista dos preços de venda de geodos em bruto, pedras marteladas e pedras lapidadas de ametista e citrino RS.

Os resultados desse levantamento para pedras marteladas de ametista e citrino RS estão apresentados nas tabelas 10.1 e 10.2 e figuras 10.1 à 10.10 e são referentes aos preços médios de exportação desses produtos.

Na tabela 10.3 e figuras 10.11 a 10.15 são apresentados os preços médios de exportação para pedras lapidadas de ametista.

Na tabela 10.4 e figuras 10.16 a 10.19 são apresentados os preços médios de exportação para geodos em bruto e drusas de ametista.

Analisando o comportamento dos preços de exportação dos produtos de ametista em bruto e lapidada estimou-se os valores médios de venda que foram utilizados para a estimacão dos rendimentos obtidos via lapidacão de ametistas e também para compor o custo de aquisicão de matéria-prima para as duas técnicas de lapidacão analisadas.

Os preços de venda utilizados para cálculo dos valores do custo de aquisicão de matéria-prima e receita anual dos projetos de lapidacão são apresentados nas tabelas 10.5 a 10.9, no final do capítulo.

Tabela 10.1) Preço de venda ametista martelada, isenta de impurezas em US\$/g, variando em função do peso e tonalidade da cor (Boletim de Preços - DNPM)¹.

EXTRA															
Intervalo	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	(*)	(#)
0 - 0,5	-	-	-	-	-	-	0,74	0,74	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	2,18
0,5 - 1	1,20	1,10	1,40	1,00	1,10	1,00	1,30	1,30	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,30	2,80
1 - 2	2,00	2,80	3,00	1,75	1,50	1,50	2,61	2,61	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	2,00	4,90
2 - 3	3,30	4,50	4,10	5,30	4,50	3,73	3,73	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	3,00	7,00
3 - 5	-	-	-	-	-	-	5,59	5,59	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	4,00	-
5 - 8	4,40	5,50	8,00	6,75	8,80	8,00	9,70	9,70	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	5,40	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	11,94	11,94	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	6,90	-
> 10	5,30	6,50	10,00	9,00	10,30	10,00	13,50	13,50	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	6,90	-

FORTE															
0 - 0,5	-	-	-	-	-	-	0,35	0,35	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,52	1,45
0,5 - 1	0,60	0,45	0,80	0,50	0,65	0,65	0,74	0,74	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	0,84	1,74
1 - 2	1,60	1,00	1,00	1,25	1,20	1,20	1,49	1,49	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	1,30	2,80
2 - 3	2,00	2,50	2,00	2,05	2,70	2,00	2,61	2,61	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	2,00	4,90
3 - 5	-	-	-	-	-	-	3,73	3,73	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	2,80	-
5 - 8	3,00	3,80	4,20	4,50	4,20	4,00	5,59	5,59	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	3,70	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	4,40	-
> 10	4,00	4,50	8,70	6,00	5,50	5,00	10,44	10,44	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50	4,40	-

MÉDIA															
0 - 0,5	-	-	-	-	-	-	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,32	0,60
0,5 - 1	0,30	0,25	0,50	0,30	0,40	0,40	0,55	0,55	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,50	1,05
1 - 2	0,60	0,63	0,60	0,60	0,60	0,60	1,11	1,11	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	0,78	1,58
2 - 3	0,80	1,20	1,00	1,15	1,50	1,50	1,95	1,95	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	1,20	2,65
3 - 5	-	-	-	-	-	-	2,98	2,98	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	1,68	-
5 - 8	1,30	2,10	2,00	2,25	2,30	2,00	4,28	4,28	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	2,20	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	6,15	6,15	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23	2,60	-
> 10	2,20	3,10	3,50	3,80	3,84	3,00	8,00	8,00	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	2,60	-

FRACA															
0 - 0,5	-	-	-	-	-	-	0,20	0,20	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,16	0,40
0,5 - 1	0,10	0,15	0,20	0,15	0,15	0,15	0,37	0,37	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,25	0,72
1 - 2	0,25	0,25	0,35	0,30	0,30	0,30	0,74	0,74	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,39	1,05
2 - 3	0,50	0,50	0,60	0,55	0,55	0,55	1,30	1,30	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	0,60	1,53
3 - 5	-	-	-	-	-	-	2,23	2,23	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	0,84	-
5 - 8	0,70	0,70	1,00	0,90	0,90	0,90	2,98	2,98	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	1,10	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	4,10	4,10	4,18	4,18	4,18	4,18	4,18	1,20	-
> 10	1,10	1,10	1,80	1,80	1,90	1,90	5,59	5,59	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	1,20	-

CLARA															
0 - 0,5	-	-	-	-	-	-	0,18	0,18	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,08	0,20
0,5 - 1	0,05	0,05	0,10	0,10	0,08	0,08	0,33	0,33	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,12	0,40
1 - 2	0,07	0,10	0,15	0,12	0,12	0,12	0,52	0,52	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,19	0,60
2 - 3	0,20	0,15	0,30	0,25	0,25	0,25	0,85	0,85	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,30	1,00
3 - 5	-	-	-	-	-	-	1,49	1,49	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	0,42	-
5 - 8	0,35	0,30	0,50	0,40	0,40	0,40	1,86	1,86	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	0,50	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 10	0,60	0,40	0,90	0,55	0,55	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ (*) Empresa All Prick Imp e Exp de Pedras Preciosas (Lajeado - RS)

(#) Empresa A B Constantin Ltda (Lajeado - RS)

Tabela 10.2) Preço de venda citrino martelado, isento de impurezas em US\$/g, variando em função do peso e tonalidade da cor (Boletim de Preços - DNPM)

EXTRA															
Intervalo	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	(*)	(#)
0 - 1	-	-	-	-	-	-	0,18	0,18	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,30	0,15
1 - 2	0,80	0,80	1,50	0,90	0,80	0,80	0,37	0,37	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,05	0,40
2 - 3	1,50	2,00	2,60	1,30	1,30	1,30	1,12	1,12	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	1,55	0,70
3 - 5	3,00	3,20	4,00	3,00	3,60	3,60	2,61	2,61	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	2,30	1,00
5 - 8	4,00	5,20	8,00	7,00	7,00	7,00	5,30	5,30	7,30	7,30	7,30	7,30	7,30	3,20	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	7,10	7,10	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	3,90	-
> 10	4,80	6,20	9,00	8,00	8,00	8,00	9,32	9,32	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	3,90	-

FORTE															
0 - 1	-	-	-	-	-	-	0,15	0,15	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,20	0,15
1 - 2	0,60	0,55	0,35	0,50	0,40	0,40	0,30	0,30	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,72	0,40
2 - 3	1,00	1,20	1,50	1,00	0,80	0,80	0,74	0,74	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	1,15	0,70
3 - 5	2,00	2,20	2,50	2,00	2,00	2,00	2,00	1,79	1,79	3,61	3,61	3,61	3,61	1,55	1,00
5 - 8	3,00	3,10	4,10	3,50	3,80	3,00	2,98	2,98	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	2,30	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	5,90	5,90	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	2,80	-
> 10	4,00	4,30	8,40	7,50	4,61	4,50	7,10	7,10	9,32	9,32	9,32	9,32	9,32	2,80	-

MÉDIA															
0 - 1	-	-	-	-	-	-	0,11	0,11	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,12	0,10
1 - 2	0,25	0,30	0,20	0,25	0,20	0,20	0,22	0,22	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,48	0,30
2 - 3	0,50	0,80	0,35	0,55	0,60	0,60	0,56	0,56	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	0,78	0,40
3 - 5	0,75	1,20	1,40	0,95	1,00	1,00	1,12	1,12	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,17	0,60
5 - 8	1,50	2,00	2,20	2,20	2,20	2,20	1,86	1,86	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	1,50	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	2,98	2,98	3,48	3,48	3,48	3,48	3,48	1,80	-
> 10	3,00	3,80	4,00	3,20	3,00	2,50	4,47	4,47	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	1,80	-

FRACA															
0 - 1	-	-	-	-	-	-	0,08	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12	0,07	0,04	0,72
1 - 2	0,20	0,15	0,10	0,12	0,12	0,18	0,18	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,28	0,10
2 - 3	0,28	0,25	0,20	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,43	0,15
3 - 5	0,40	0,50	0,35	0,35	0,35	0,35	0,56	0,56	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	0,87	-
5 - 8	0,65	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70	0,74	0,74	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,10	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	1,41	1,41	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	1,30	-
> 10	0,90	1,40	1,60	1,20	1,20	1,20	1,79	1,79	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	1,30	-

CLARA															
0 - 1	-	-	-	-	-	-	0,04	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04
1 - 2	0,05	0,08	0,05	0,06	0,06	0,06	0,15	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,10
2 - 3	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,18	0,18	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,23	0,15
3 - 5	0,20	0,25	0,20	0,21	0,20	0,20	0,37	0,37	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,43	-
5 - 8	0,30	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,67	0,67	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,55	-
8 - 10	-	-	-	-	-	-	0,90	0,90	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,65	-
> 10	0,50	0,40	0,60	0,45	0,40	0,40	1,30	1,30	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,65	-

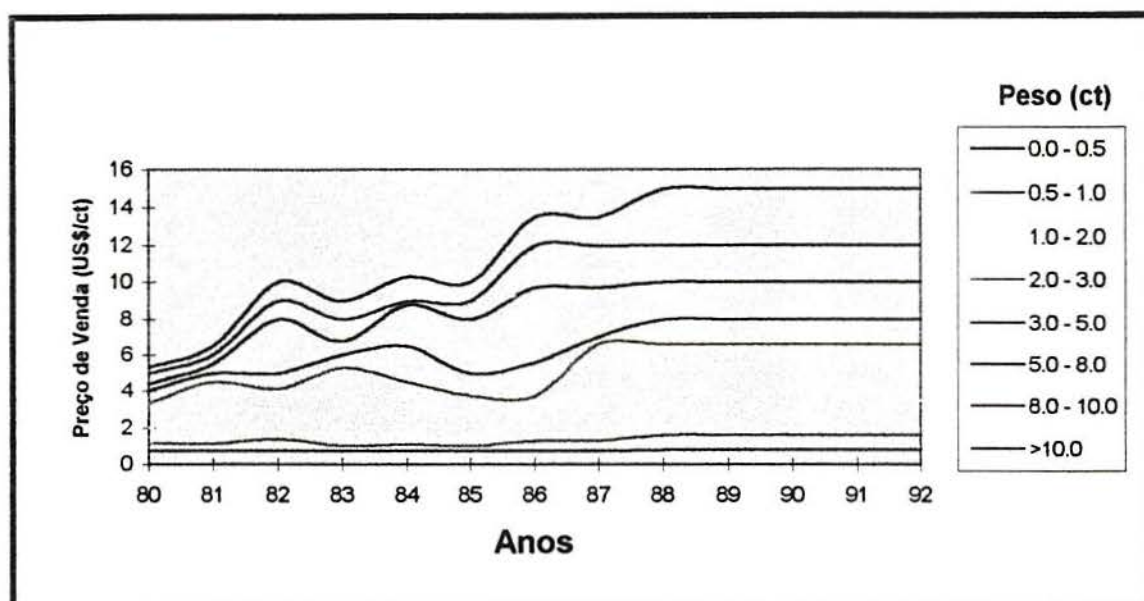


Figura 10.1) Preço de venda x anos (ametista martelada extra)

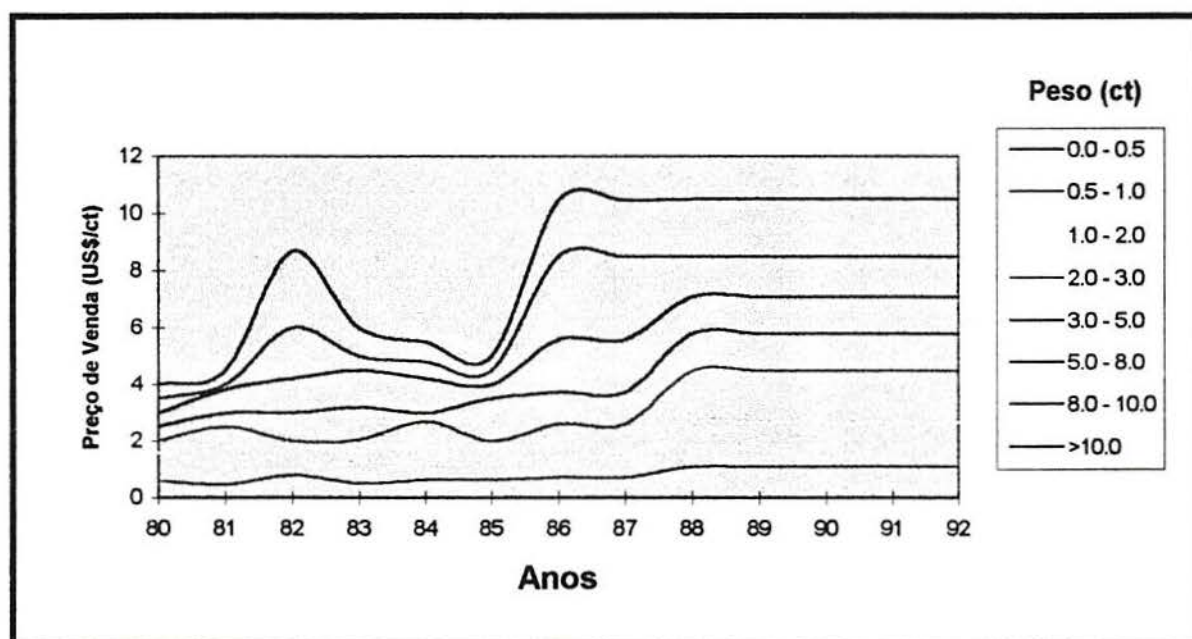


Figura 10.2) Preço de venda x anos (ametista martelada forte - cor I)

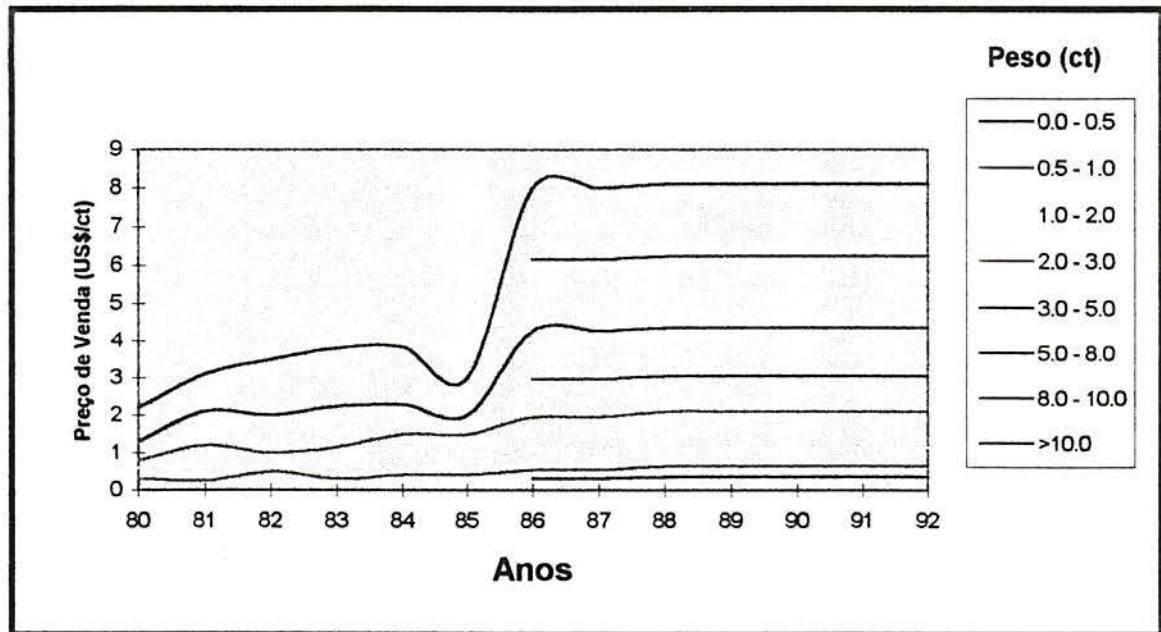


Figura 10.3) Preço de venda x anos (ametista martelada média - cor II)

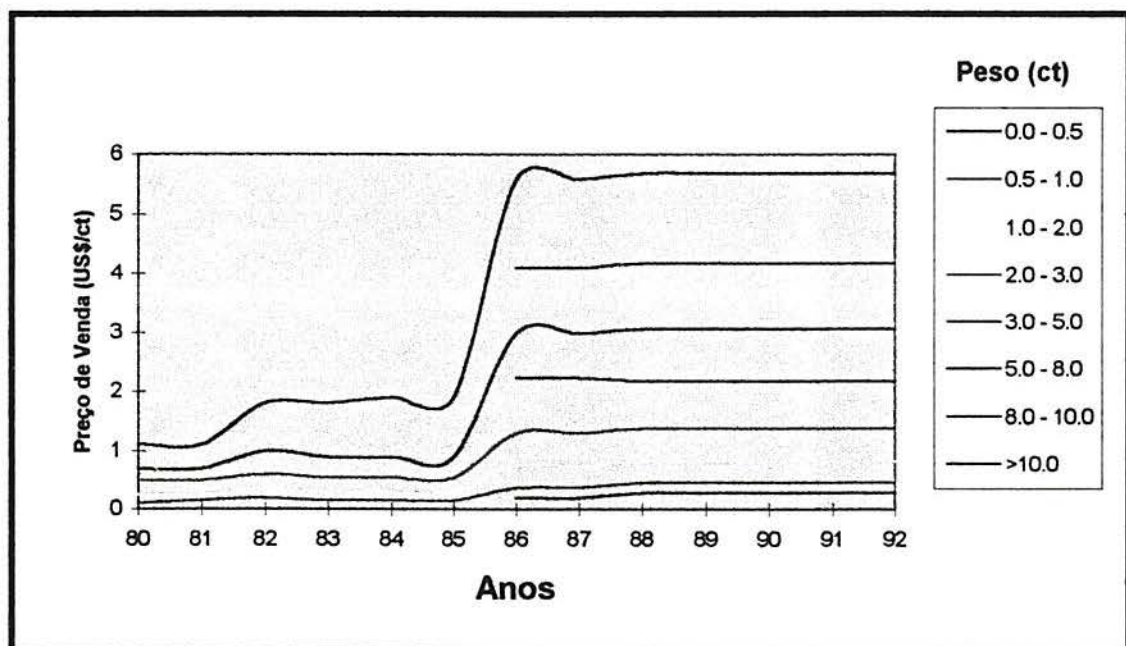


Figura 10.4) Preço de venda x anos (ametista martelada fraca - cor III)

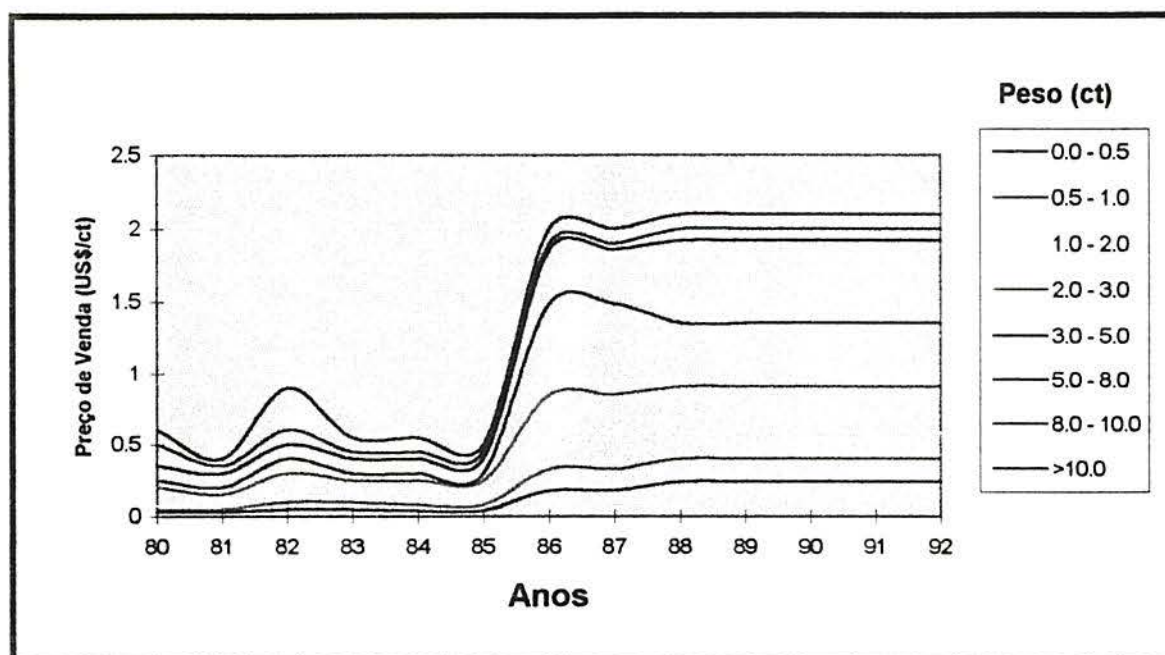


Figura 10.5) Preço de venda x anos (ametista martelada clara - cor IV)

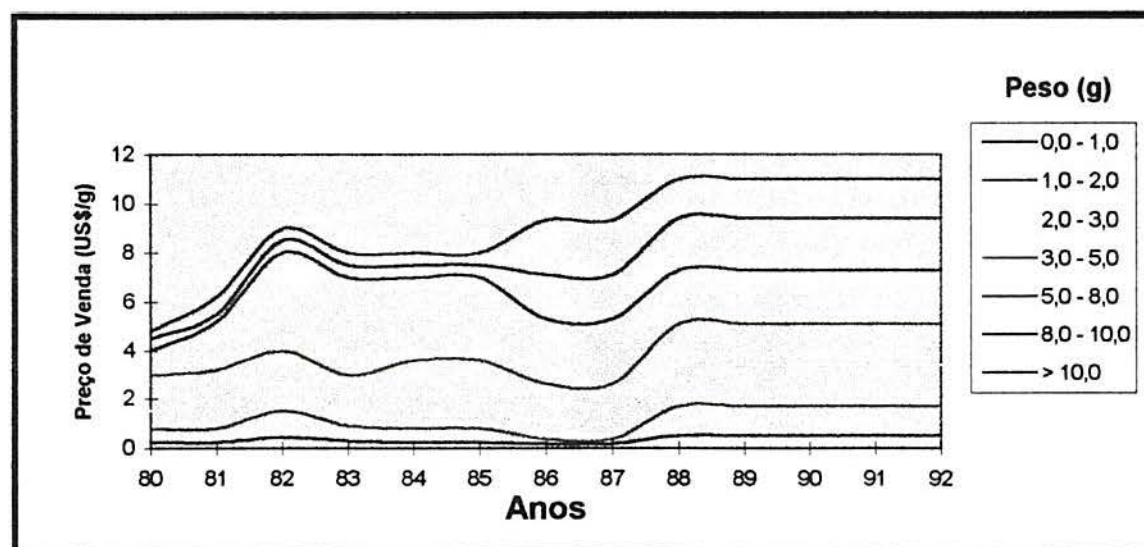


Figura 10.6) Preço de venda x anos (citrino RS martelada extra)

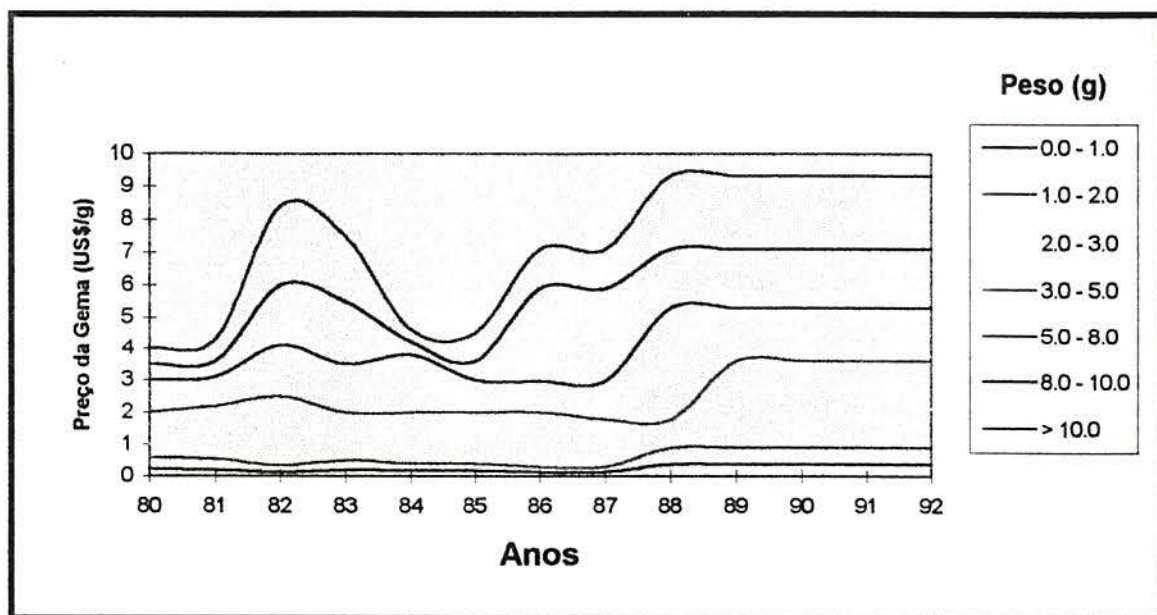


Figura 10.7) Preço de venda x anos (citrino RS martelada forte - cor I)

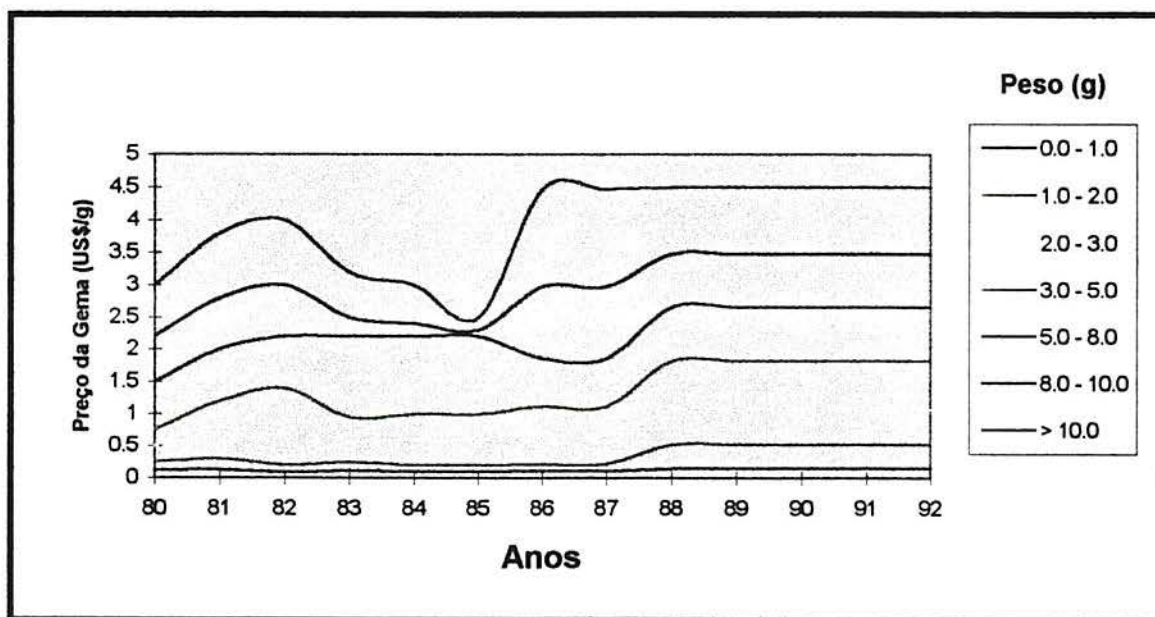


Figura 10.8) Preço de venda x anos (citrino RS martelada média - cor II)

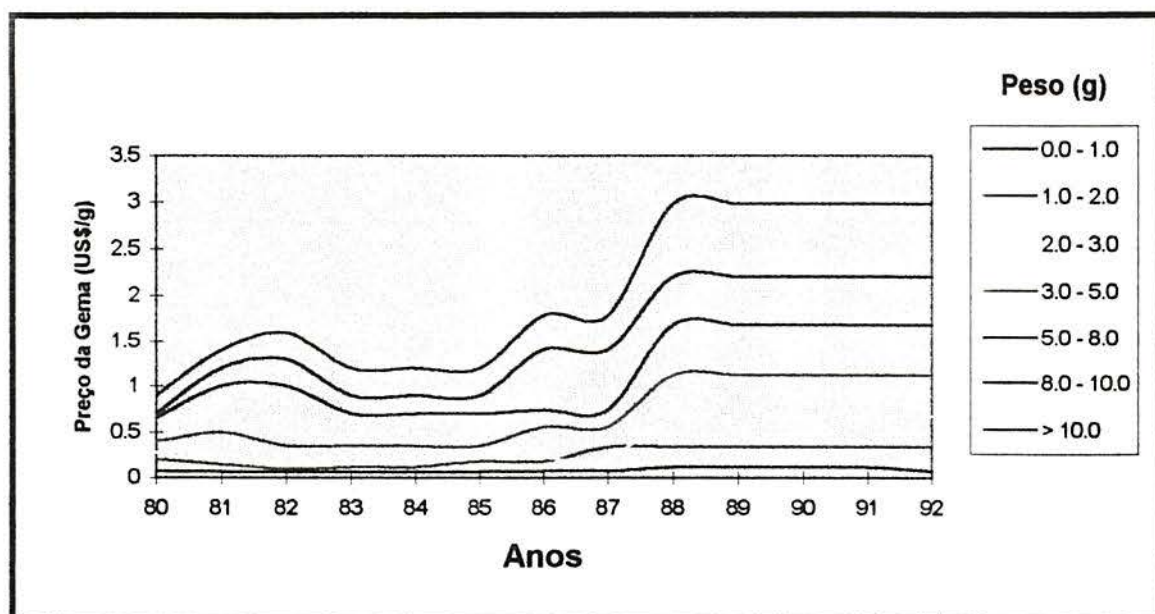


Figura 10.9) Preço de venda x anos (citrino RS martelada clara - cor III)

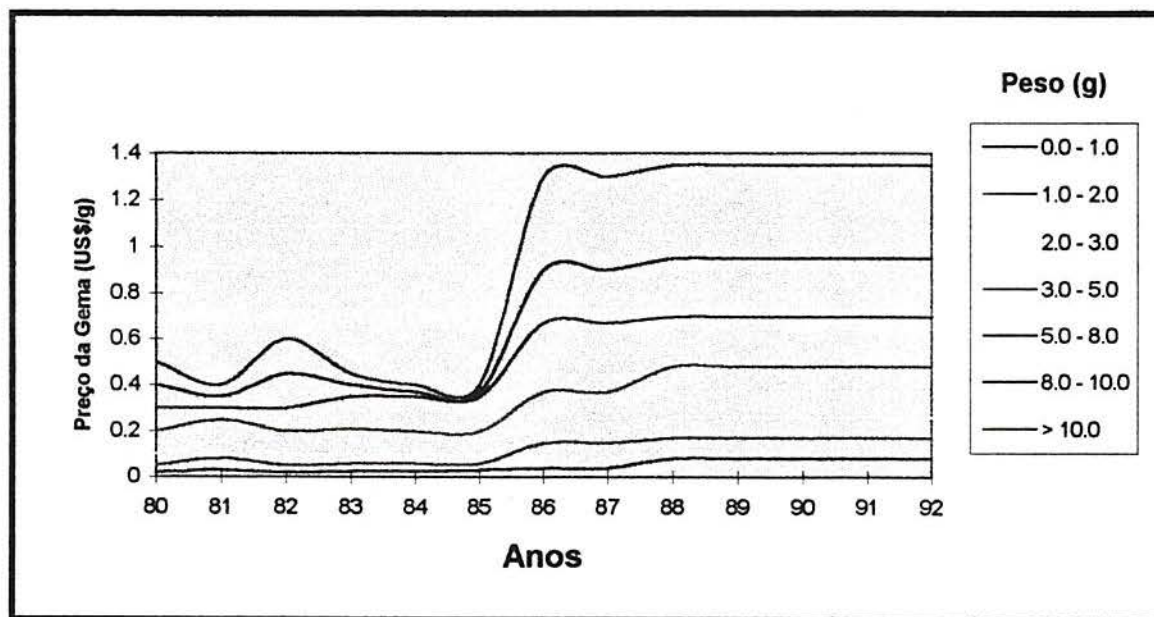


Figura 10.10) Preço de venda x anos (citrino RS martelada fraca - cor IV)

Tabela 10.3) Preço de venda ametista lapidada, em US\$/ct, variando em função do peso e tonalidade da cor (Boletim de Preços - DNPM)

EXTRA													
Intervalo	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
até 3 ct	3,00	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	5,00	5,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
3 - 5	4,00	4,00	3,50	3,50	3,50	3,50	8,00	8,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
5 - 10	7,00	7,00	6,00	6,00	6,00	6,00	10,00	10,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
10 - 25	12,00	12,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,00	13,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
> 25	14,00	14,00	12,00	12,00	12,00	12,00	14,00	15,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00

FORTE													
até 3 ct	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,00	2,00	8,00	2,00	8,00	2,00	2,00
3 - 5	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
5 - 10	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
10 - 25	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
> 25	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00

MEDIA													
até 3 ct	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3 - 5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
5 - 10	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
10 - 25	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
> 25	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

FRACA													
até 3 ct	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
3 - 5	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
5 - 10	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
10 - 25	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
> 25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

CLARA													
até 3 ct	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
3 - 5	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	12,00
5 - 10	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
10 - 25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
> 25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

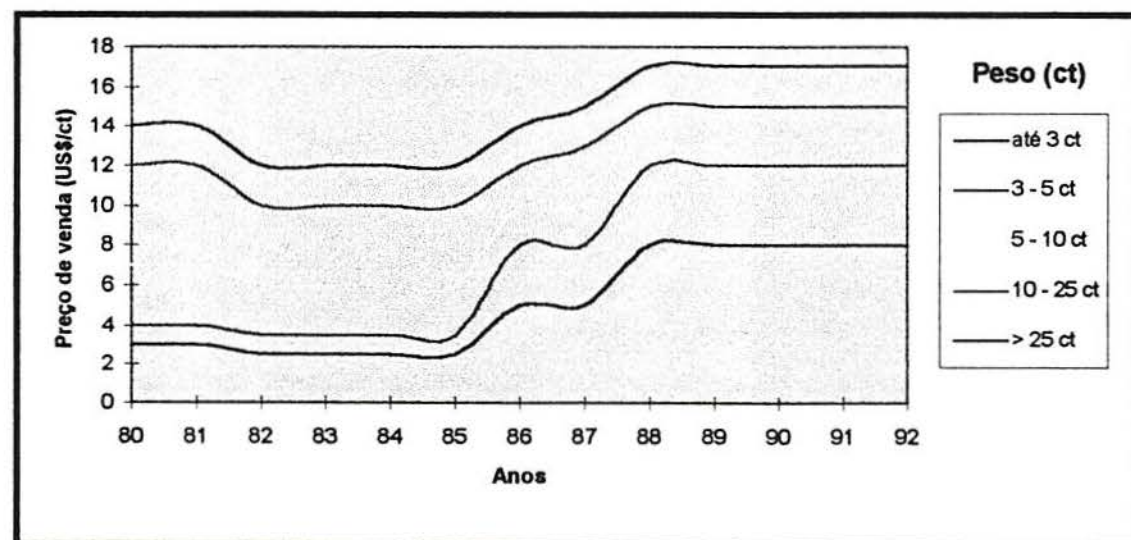


Figura 10.11) Preço de venda x anos (ametista lapidada - extra)

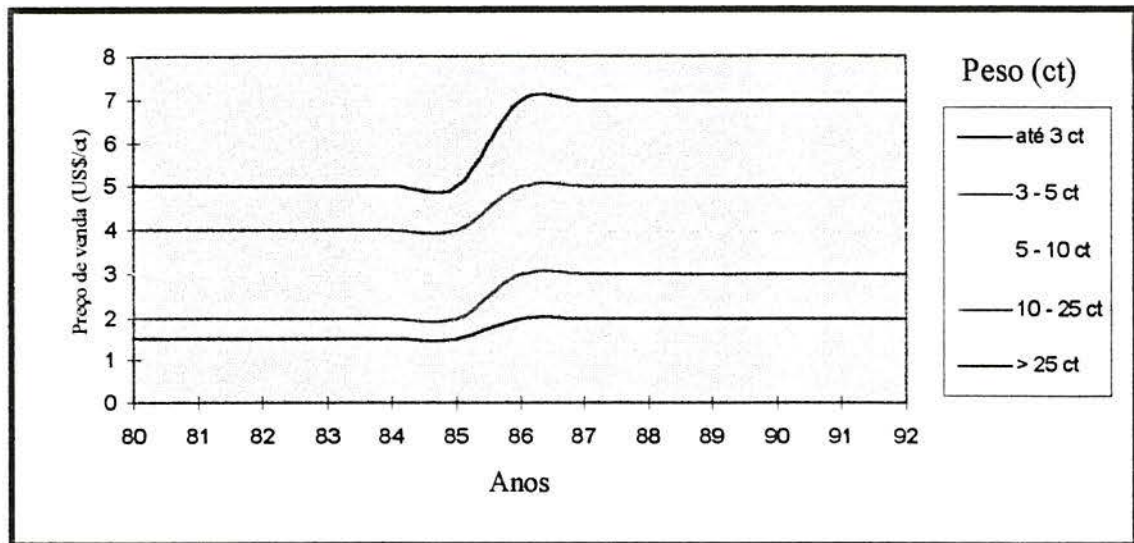


Figura 10.12) Preço de venda x anos (ametista lapidada - forte)

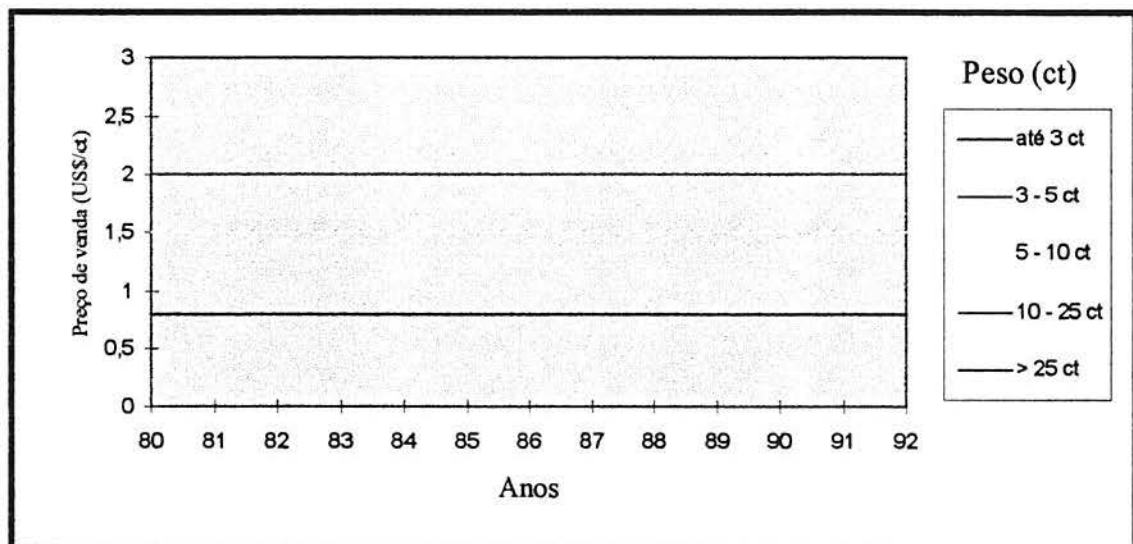


Figura 10.13) Preço de venda x anos (ametista lapidada - média)

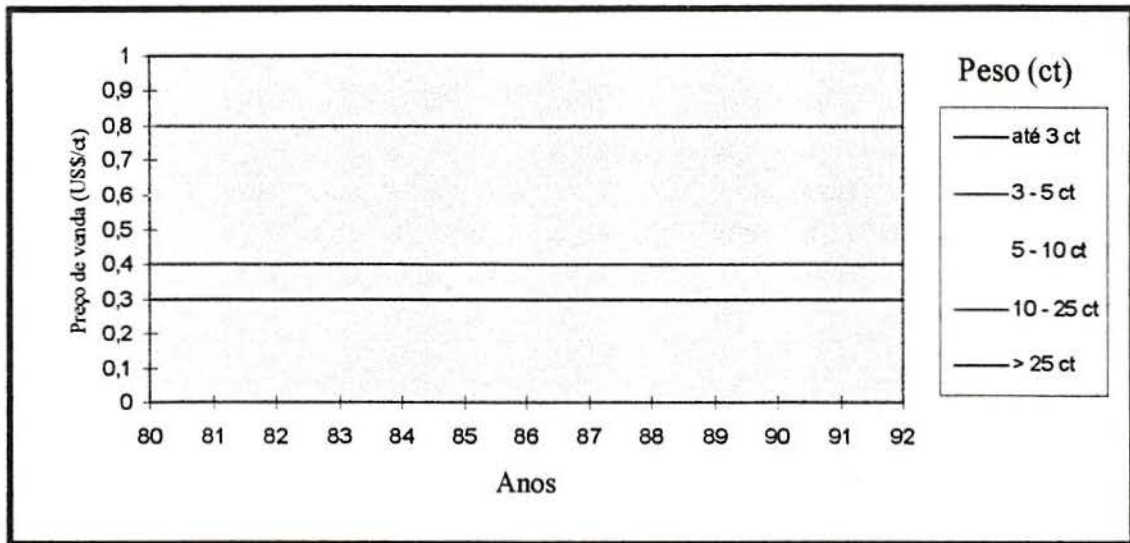


Figura 10.14) Preço de venda x anos (ametista lapidada - fraca)

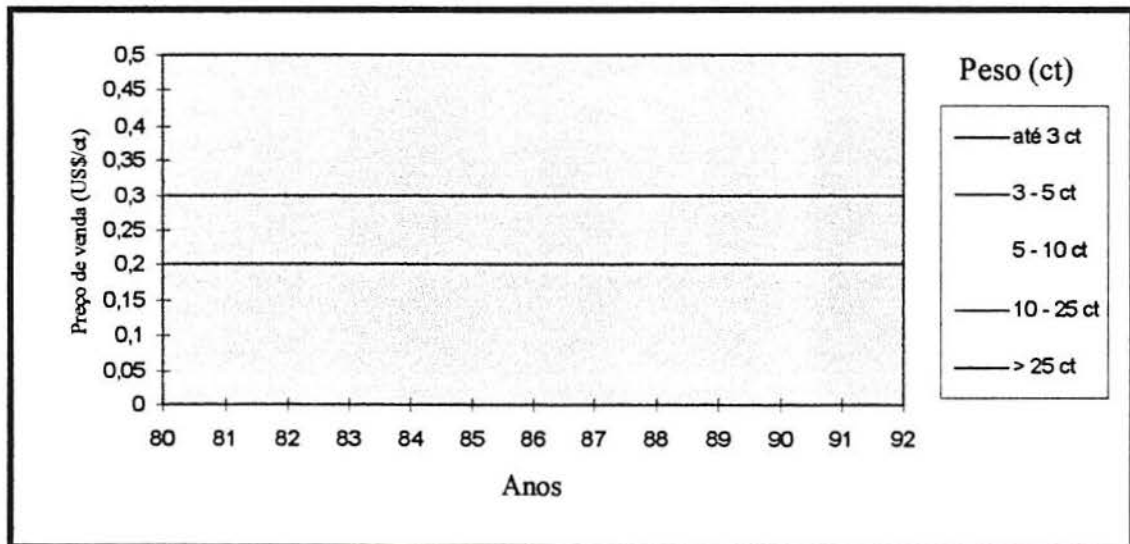


Figura 10.15) Preço de venda x anos (ametista lapidada - clara)

Tabela 10.4) Preço de venda drusas e geodos em bruto de ametista - espécimens para coleção e ornamentação, em US\$/kg, variando em função do peso, tamanho e forma dos cristais e tonalidade da cor (Boletim de Preços - DNPM)

TIPO Q1	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
FORTE	12,00	16,00	11,00	11,50	11,25	9,50	12,00	12,00	12,00	12,00	15,00	15,00	15,00
MÉDIA	8,00	10,00	8,00	8,50	10,00	9,00	10,00	10,00	10,00	10,00	12,00	12,00	12,00
FRACA	6,50	8,50	7,20	7,25	6,00	6,00	-	-	-	-	-	-	-

TIPO Q2	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
FORTE	7,00	8,50	8,00	9,00	7,50	7,00	9,00	9,00	9,00	9,00	10,00	10,00	10,00
MÉDIA	5,00	5,80	6,00	5,20	6,50	6,20	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	8,00	8,00
FRACA	3,50	5,60	5,95	4,50	5,00	4,70	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

TIPO Q3	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
FORTE	3,50	5,00	6,00	4,40	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00
MÉDIA	2,50	3,50	4,00	2,75	3,50	3,00	4,00	4,00	4,20	4,20	4,50	4,50	4,50
FRACA	2,15	2,50	3,40	2,00	3,00	2,50	3,00	3,00	3,10	3,10	3,50	3,50	3,50

TIPO Q4	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
FORTE	-	-	-	-	-	-	2,50	2,50	2,50	2,50	3,50	3,50	3,50
MÉDIA	-	-	-	-	-	-	-	-	2,10	2,00	2,10	2,10	2,10
FRACA	-	-	-	-	-	-	2,00	2,00	-	-	-	-	-

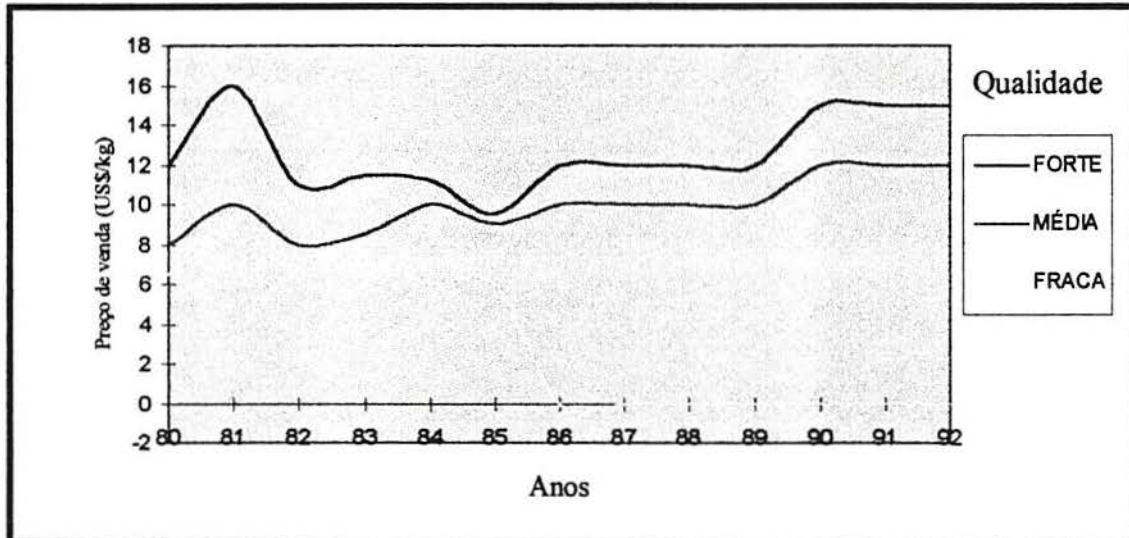


Figura 10.16) Preço de venda x anos (drusas e geodos de ametista - tipo Q1)

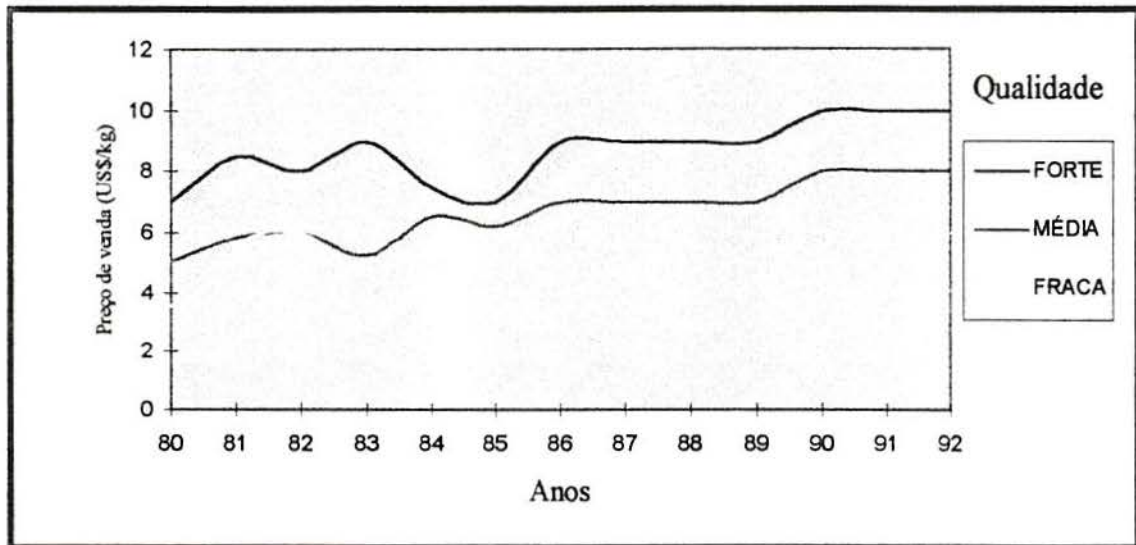


Figura 10.17) Preço de venda x anos (drusas e geodos de ametista - tipo Q2)

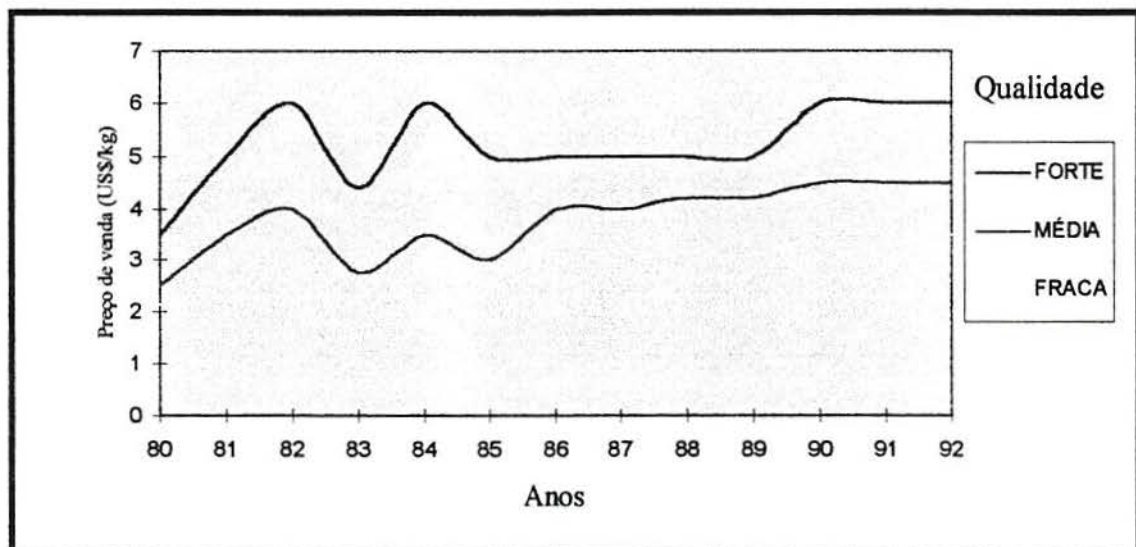


Figura 10.18) Preço de venda x anos (drusas e geodos de ametista - tipo Q3)

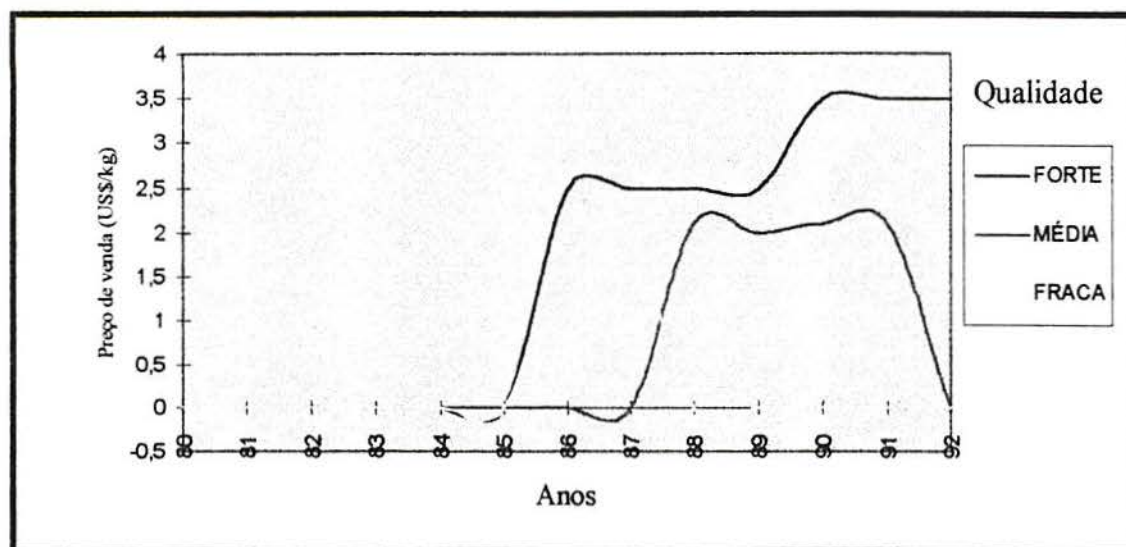


Figura 10.19) Preço de venda x anos (drusas e geodos de ametista - tipo Q4)

Baseado nesse levantamento histórico foram definidos os preços de venda para pedras marteladas, gemas lapidadas e geodos em bruto apresentados nas tabelas a seguir, que serviram para o desenvolvimento das análises econômicas dos processo de lapidação e proposta de tabelas para avaliação e classificação dessas gemas em bruto e lapidadas. Essas tabelas foram calculadas para ametistas e citrinos RS considerados homogêneos e sem imperfeições, segundo nossa proposta de classificação, devendo-se, para o caso dessas gemas apresentarem imperfeições, arbitrar-se um valor de desconto proporcional à gravidade do defeito.

Para o caso das gemas consideradas pouco manchadas deve-se considerar um desconto de 20% nos valores apresentados. Para o caso de gemas consideradas manchadas esse desconto eleva-se para 40%. Caso exista uma imperfeição maior do que a diferença de tonalidade da cor no interior da gema (presença de trincados, inclusões, manchas de coloração diferente, defeitos de lapidação, falta de brilho, etc), o desconto no preço de venda variará entre 50% e 70% do valor proposto e deverá ser avaliado por profissional qualificado para tanto: o gemólogo.

Os valores médios estimados a partir dos dados levantados, e que serviram para a estimação dos rendimentos e custo de aquisição de matéria-prima estão apresentados nas tabelas 10.5 a 10.9, a seguir.

Tabela 10.5) Preços de Venda Drusas e Geodos de Ametista (US\$/kg)

Qualidade	FORTE	MÉDIA	FRACA
Q1	13,50	10,00	7,00
Q2	8,50	6,50	5,50
Q3	5,00	3,50	3,00
Q4	3,00	2,00	2,00

Tabela 10.6) Preços de Venda Pedra Martelada de Ametista (US\$/g)

Peso (g)	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
0,3 - 0,5	1,00	0,60	0,40	0,20	0,10
0,5 - 1,0	1,60	1,00	0,70	0,40	0,30
1,0 - 2,0	2,80	1,80	0,90	0,60	0,40
2,0 - 3,0	5,00	2,30	1,70	1,00	0,60
3,0 - 5,0	6,90	3,20	2,90	1,40	1,10
5,0 - 10,0	7,70	4,90	3,20	2,00	1,30
> 10,00	11,40	7,40	5,60	3,70	1,70

Tabela 10.7) Preços de Venda Pedra Martelada de Citrino (US\$/g)

Peso (g)	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
0,3 - 1,0	0,55	0,35	0,15	0,10	0,05
1,0 - 2,0	1,25	0,80	0,45	0,25	0,15
2,0 - 3,0	2,35	1,50	0,90	0,45	0,20
3,0 - 5,0	3,60	2,15	1,45	0,90	0,35
5,0 - 10,0	5,95	3,95	2,20	1,15	0,50
> 10,00	8,00	6,90	3,75	1,95	0,85

Tabela 10.8) Preços de Venda Gema Lapidada de Ametista (US\$/ct)

Peso (ct)	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	5,00	1,75	0,80	0,30	0,20
3 - 5 ct	6,50	2,50	1,50	0,40	0,20
5 - 10 ct	8,50	3,50	1,50	0,60	0,30
10 - 25 ct	12,00	4,50	2,00	0,80	0,30
> 25 ct	14,00	6,00	3,00	1,50	0,50

Tabela 10.9) Preços de venda Gema Lapidada de Citrino (US\$/ct)

Peso (ct)	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	1,20	0,70	0,30	0,25	0,20
3 - 5 ct	3,40	1,20	0,50	0,30	0,20
5 - 10 ct	8,00	2,40	1,00	0,60	0,30
10 - 25 ct	11,00	4,00	1,50	0,80	0,30
> 25 ct	13,00	5,00	2,00	1,50	0,50

A compatibilização na denominação das classificações de ametista e citrino em função da tonalidade de cor podem ser realizadas a partir das seguintes igualdades:

Extra = extra
 Forte = cor I
 Média = cor II
 Fraca = cor III
 Clara = cor IV

(11) PADRONIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA AMETISTA

Os fatores básicos que influenciam o valor das gemas são:

- a) Tamanho
- b) Cor
- c) Inclusões
- d) Qualidade da lapidação

As gemas de cor são classificadas em quatro categorias ou qualidades: EXTRA, FORTE, MÉDIA e FRACA. No caso da ametista normalmente encontra-se mais uma categoria: CLARA.

A qualidade das gemas é determinada por 3 fatores (Guimarães, 1987):

- a) Cor
- b) Pureza
- c) Lapidação e Acabamento

a) A cor é normalmente o fator de maior importância na avaliação de gemas de cor. Esse fator representa cerca de 50% do valor da gema. O grau de cor é encontrado pelo julgamento de três pontos básicos: matiz, tonalidade e saturação de cor.

b) A pureza é o segundo fator mais importante na avaliação e classificação. Representa 30% do valor total da gema. Para julgamento do grau de pureza, as gemas são divididas em 3 grupos:

Grupo 1: gemas que normalmente são encontradas puras e sem inclusões internas. Ex.: água marinha, topázio, turmalina verde, etc.

Grupo 2: gemas que normalmente apresentam pequenas inclusões ou imperfeições internas. Ex.: rubi, safira, granada, ametista, alexandrita, etc.

Grupo 3: gemas que raramente são encontradas puras, sempre apresentando inclusões internas. Ex.: esmeralda, rubelita, etc.

c) A lapidação e acabamento é o fator que tem menor peso na avaliação de gemas, contudo, uma lapidação assimétrica, um mal polimento, culaça fora do centro, e outros defeitos de lapidação são prejudiciais a sua valorização. Representa 20% do valor total da gema.

Após exame dessas três características, cada um dos fatores recebe uma graduação ou nota de 1 a 10.

a) EXTRA

As gemas classificadas nessa qualidade devem apresentar as seguintes características:

Cor:

Matiz puro, uniforme e brilho intenso.

Pureza:

Gemas do grupo 1 - minúsculas inclusões invisíveis a olho nu e pouco visíveis com lupa de 10x.

Gemas do grupo 2 - pequenas inclusões pouco visíveis a olho nu e visíveis com lupa de 10x.

Gemas do grupo 3 - pequenas e pouco acentuadas inclusões visíveis a olho nu e com lupa.

Lapidação e acabamento:

Boas proporções, simetria perfeita, culaça bem centrada, bom polimento, facetas bem colocadas e cortadas.

Todas as gemas que apresentam as características acima recebem graduação entre 8 e 10.

b) FORTE

As gemas classificadas nessa qualidade devem apresentar as seguintes características:

Cor:

Matiz puro, algum desvio de tom, de mais intenso a mais claro (manchas), brilho intenso.

Pureza:

Gemas do grupo 1 - pequenas inclusões aparentes com lupa de 10x podendo ser percebidas a olho nu.

Gemas do grupo 2 - inclusões bastante aparentes com lupa de 10x e facilmente vistas a olho nu.

Gemas do grupo 3 - inclusões bastante visíveis a olho nu.

Lapidação e acabamento:

Pequenas variações nas proporções, nas linhas de simetria (rondiz) e pequena janela na mesa quando visto pela coroa.

Graduação de 6 a 8.

c) MÉDIA

As gemas classificadas nessa qualidade devem apresentar as seguintes características:

Cor:

Grande diferença de tom (manchas acentuadas), pouca saturação.

Pureza:

Gemas do grupo 1 - inclusões quase visíveis a olho nu e bastante acentuadas com lupa de 10x.

Gemas do grupo 2 - inclusões muito aparentes a olho nu.

Gemas do grupo 3 - inclusões muito aparentes a olho nu.

Lapidação e acabamento:

Variações nas proporções (muito profunda ou muito rasa). Grande janela na mesa quando visto pela coroa. Extinção da cor. Forte zoneamento da cor.

Graduação de 4 a 6.

d) FRACA

As gemas classificadas nessa qualidade são consideradas abaixo da escala, não tendo uma avaliação específica. Os valores são sempre baixos.

Cor:

Muito clara ou muito escura, pouquíssima saturação.

Pureza:

Gemas do grupo 1 - inclusões visíveis a olho nu.

Gemas do grupo 2 - inclusões acentuadas visto a olho nu.

Gemas do grupo 3 - inclusões fortes visto a olho nu, tornando a gema translúcida ou opaca.

Lapidação e acabamento:

Grandes variações na simetria com as proporções longe do ideal. Polimento fraco.

Graduação abaixo de 4.

Para avaliar uma gema, usando os três componentes cor, pureza, lapidação/acabamento, combinados, utiliza-se a seguinte metodologia:

1. Avaliar a cor da gema, definindo sua qualidade e grau (usar um dos sistemas de graduação de cor existentes) de 1 a 10.
2. Avaliar a pureza, definindo a qualidade e graduar de 1 a 10, segundo as normas indicadas acima.
3. Avaliar a lapidação e acabamento, definindo a qualidade e graduar de 1 a 10, segundo os critérios indicados acima.
4. Multiplicar o grau encontrado em cada item pelo percentual correspondente.

O total encontrado na soma dos resultados acima nos dará a classificação final para efeitos de avaliação da gema.

Grau de cor = $X \cdot 0,50 = X1$

Grau de pureza = $Y \cdot 0,30 = Y1$

Grau de lapidação/acabamento = $Z \cdot 0,20 = Z1$

Graduação final da gema = $X1 + Y1 + Z1$

Para o cálculo do preço de venda de gemas em bruto, utiliza-se a seguinte metodologia:

$$Vb = VI - (CL + L + D + R)$$

onde:

Vb - valor da gema em bruto

VI - valor da gema lapidada

CL - custo de lapidação

L - lucro desejado

D - despesas administrativas e de distribuição

R - risco

Assim, de acordo com a expectativa de obtenção de valor com a gema lapidada faz-se uma estimativa do valor a ser pago pela gema em bruto.

Exemplo de utilização da fórmula acima:

Preço de venda máximo, a nível de comprador (lapidário), de pedra martelada de ametista, cor extra, peso de 3 g, para obtenção de gema lapidada de 3,75 ct.

Dados do problema:

Preço de venda gema lapidada de ametista, cor extra, peso: 3,75 ct = US\$ 6,50/ct

Valor da gema lapidada = 3,75 ct x 6,50 US\$/ct = US\$ 24,37

Custo de lapidação (sistema manual) = 1,70 US\$/ct x 3,75 ct = US\$ 6,37

Despesas administrativas e de distribuição = 1,00 US\$/ct x 3,75 ct = US\$ 3,75

Lucro desejado (15% do valor da gema lapidada) = 3,65 US\$

Risco do empreendimento (10% do valor da gema lapidada) = US\$ 2,43

Valor máximo da pedra martelada = 24,37 - (6,37 + 3,75 + 3,65 + 2,43) = US\$ 8,17

Preço máximo da pedra martelada de 3 g = 8,17 / 3 = 2,72 US\$/g

11.1. NORMALIZAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE AMETISTA E CITRINO RS

Para haver uma homogeneidade nas negociações de compra e venda da ametista, tanto em estado bruto como lapidada, é necessária uma normalização das características que irão determinar o valor desse espécime gemológico.

As principais características que são avaliadas quando da classificação e valorização da ametista são a limpidez, cor e peso da gema. No caso das gemas lapidadas, além das 3 características citadas leva-se ainda em consideração o formato e qualidade da lapidação (harmonia e perfeição nas medidas de corte das facetas).

Para o caso dos geodos em bruto os mesmos devem ser avaliados em função da forma do geodo quando aberta sua cavidade interior, tamanho, coloração e perfeição dos bicos de ametista. Além desses fatores, a presença de minerais secundários como calcita, apofilita, zeólitas e outros, podem vir a valorizar o espécime em estudo. A tabela 10.4 apresenta os padrões de valorização de geodos em bruto de ametista bem como a classificação usual dos mesmos.

No caso das pedras marteladas de ametista a classificação usual é realizada baseada em duas características fundamentais: peso e cor (tonalidade). A valorização da gema acontece em proporção direta ao seu peso e intensidade de cor. Normalmente a classificação é feita através dos padrões apresentados na tabela 10.1, apesar de existir uma grande variedade de denominações na escala de tonalidade de cor, bem como diferenças de avaliação sobre os intervalos de intensidade de cor que definem a classificação devido ao fato de que essa avaliação é realizada basicamente de modo empírico e subjetivo. Além disso, a grande heterogeneidade na coloração das ametistas, com a presença freqüente de manchas e áreas mais claras ou escuras, são características que dificultam a sua classificação atualmente. Um outro fator importante é a transparência da pedra martelada.

Para as gemas lapidadas a classificação e valorização é baseada nas mesmas características da pedra martelada com a diferença de que, geralmente, a unidade de peso empregada é o quilate e não o grama. A tabela 10.3 apresenta a classificação e cotação de preços unitários característicos para o mercado de gemas de ametista lapidada.

Para a classificação e valorização da ametista, tanto em estado bruto como lapidada, é necessário que se faça uma padronização das características essenciais a essa tarefa. Assim, o peso pode ser utilizado como taxa de valorização unitária sendo as unidades convenientes o quilograma (geodos em bruto), o grama (pedra martelada) e o quilate (pedra lapidada). A presença de manchas pode ser facilmente observada a olho nu e a heterogeneidade verificada entre as diversas áreas da ametista, tanto em bruto como lapidada, podem ser medidas e utilizadas como elemento para valorização ou depreciação do espécime em estudo. Assim, quanto maior a homogeneidade da cor maior será o valor unitário da gema.

A cor é uma característica basicamente subjetiva mas que pode ser avaliada cientificamente através de colorimetria, que pode ser utilizada para a classificação da ametista em intervalos de intensidade de cor de acordo com o padrão internacional C*I*E* LAB. Para tanto devemos antes, proceder a uma revisão sobre os princípios da colorimetria e os instrumentos utilizados para a sua aferição (Petter, 1994).

A luz é uma onda eletromagnética como as ondas de raios X ou de rádio. Dentro de seu espectro, o olho humano percebe a luz visível dentro de uma faixa que vai de 380 nm até 780 nm. As faixas acima de 380 nm (ultravioleta) e abaixo de 380 nm (infravermelho) não são reconhecidas pelo olho humano. Ao lado das sensações de escuro e claro, o olho percebe três diferentes estímulos de cor: azul, vermelho e verde. Esses três estímulos são adicionados para determinar a impressão de cor no cérebro. Isto leva a conclusão que qualquer cor pode ser obtida pela adição de verde, azul e vermelho. Esse fato foi a base para a avaliação técnica de medições de cor.

A cor a ser avaliada é iluminada com um iluminante padrão, geralmente iluminante C ou D65. O iluminante D65 tem uma contribuição ultravioleta correspondente à luz do dia, em adição ao iluminante C.

O iluminante padrão A é usado raramente, sendo uma luz de bulbo comum. Os três tipos diferentes de iluminantes foram determinados pela CIE (Commission Internationale de l'Eclaire) no ano de 1976.

A luz é medida, a princípio, em condições similares à luz do dia. Uma lâmpada flash-xenon e um filtro geram aproximadamente o iluminante padrão D65.

Para uma geometria de medição universal, de acordo com a norma DIN 5033, normalmente emprega-se uma parte ótica em uma esfera integradora. A reflexão difusa de uma amostra é medida em um ângulo de 8° . A luz medida é então dividida em três partes iguais por um guia de luz e dirigida para três filtros que determinam os três valores padrão tristimulus X, Y e Z. Em adição à geometria de medição de $d/8^\circ$ outra de $45^\circ/0^\circ$ é usada em paralelo (figuras 11.1 e 11.2). A luz que chega aos respectivos foto-receptores é característica dos valores de refletância espectral R_x , R_y e R_z .

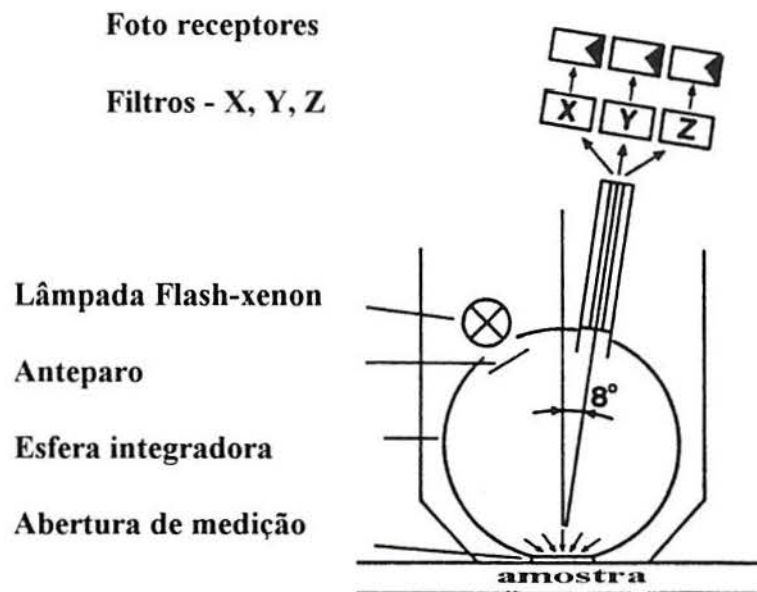


Figura 11.1) Geometria de medição para $d/8^\circ$

Foto receptores

Filtros - X, Y, Z

Iluminante

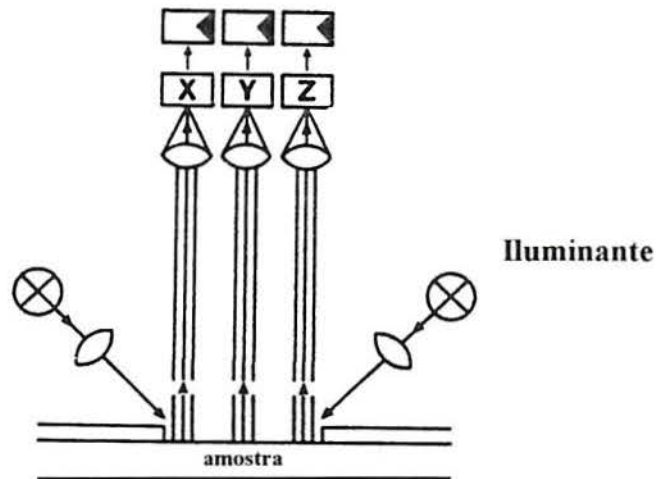


Figura 11.2) Geometria de medição para 45°/0°

A determinação dos valores padrão tristimulus X, Y e Z é feita utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$X = X_{\text{vermelho}} + X_{\text{azul}} = A.R_x + B.R_z$$

$$Y = R_y$$

$$Z = C.R_z$$

Tabela 11.1) Fatores de filtro para os iluminantes padrão

	C		D65	
	2°	10°	2°	10°
A	0,7832	0,7772	0,7702	0,7684
B	0,1972	0,1957	0,1803	0,1797
C	1,1810	1,1614	1,0888	1,0732

Para uma representação gráfica dos valores das cores, os valores padrão tristimulus X, Y e Z são transformados em coordenadas de cromaticidade:

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

As coordenadas de cromaticidade são fixadas em um triângulo de cor (CIE - colour system, figura 11.3). Todos os pigmentos reprodutíveis estão dentro da curva com as cores espectrais (primárias). Aproximadamente no meio existe o ponto acromático ou branco, indicando as cores branca, cinza ou preta.

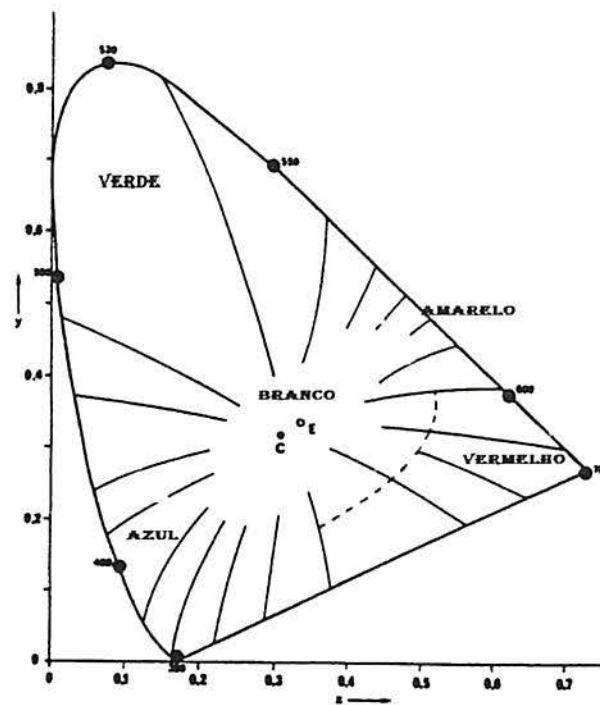


Figura 11.3) Diagrama de cromaticidade - CIE

Em adição a classificação de uma tonalidade dentro do triângulo de cor por meio das coordenadas de cromaticidade x e y , o valor padrão tristimulus $Y = R_z$ é utilizado como uma medida para a claridade da luz podendo ser imaginado como um eixo vertical sobre o plano de cor (figura 11.4).

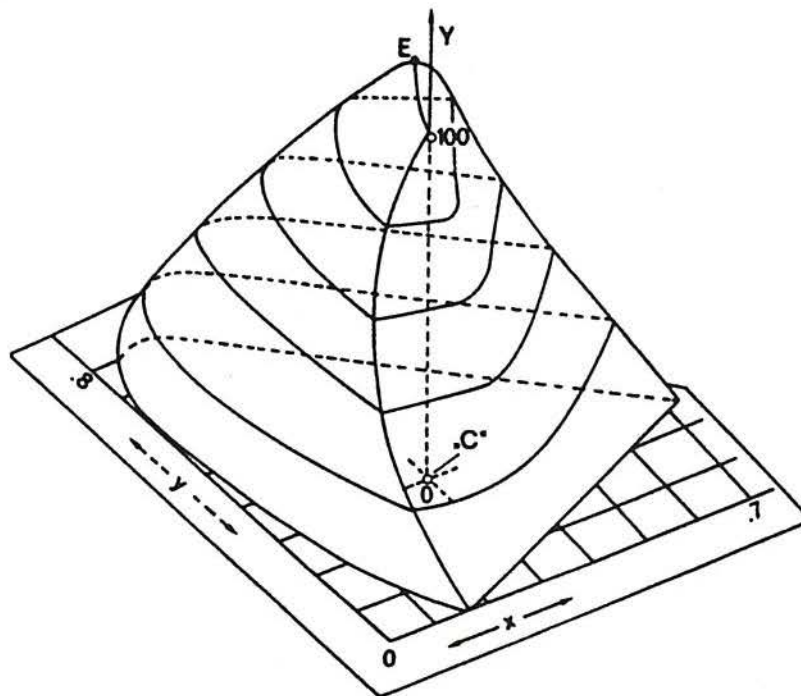


Figura 11.4) Espaço de cor no sistema CIE

O ponto acromático é o "chroma" de uma tonalidade que possui a mesma reflectância em todos os comprimentos de onda, o que nos leva a conclusão que uma amostra branca tem o mesmo espectro que uma amostra cinza ou preta. Apenas o valor padrão tristimulus $Y = R_y$ define a cor.

Para o observador padrão 10° a referência de claridade não é indicada por Y mas por A_{10} , de acordo com a sua fórmula:

$$A_{10} = 0,015 X_{10} + 0,964 Y_{10} + 0,021 Z_{10}$$

A desvantagem do sistema CIE é o fracasso do olho humano em perceber distâncias idênticas matematicamente no triângulo de cor como sendo iguais. Por exemplo, nós podemos discernir mesmo as pequenas diferenças matemáticas na faixa do azul-violeta, ao passo que somos dificilmente hábeis para fazer isso no caso de grandes diferenças matemáticas na faixa do verde.

Sendo o primeiro a elaborar esse problema, McAdam introduziu diferenças de cor definidas pela percepção humana. Nesse caso, as menores diferenças discerníveis pelo olho humano foram colocadas como elipses e, considerando-se a claridade, na forma de elipsóides (figura 11.5).

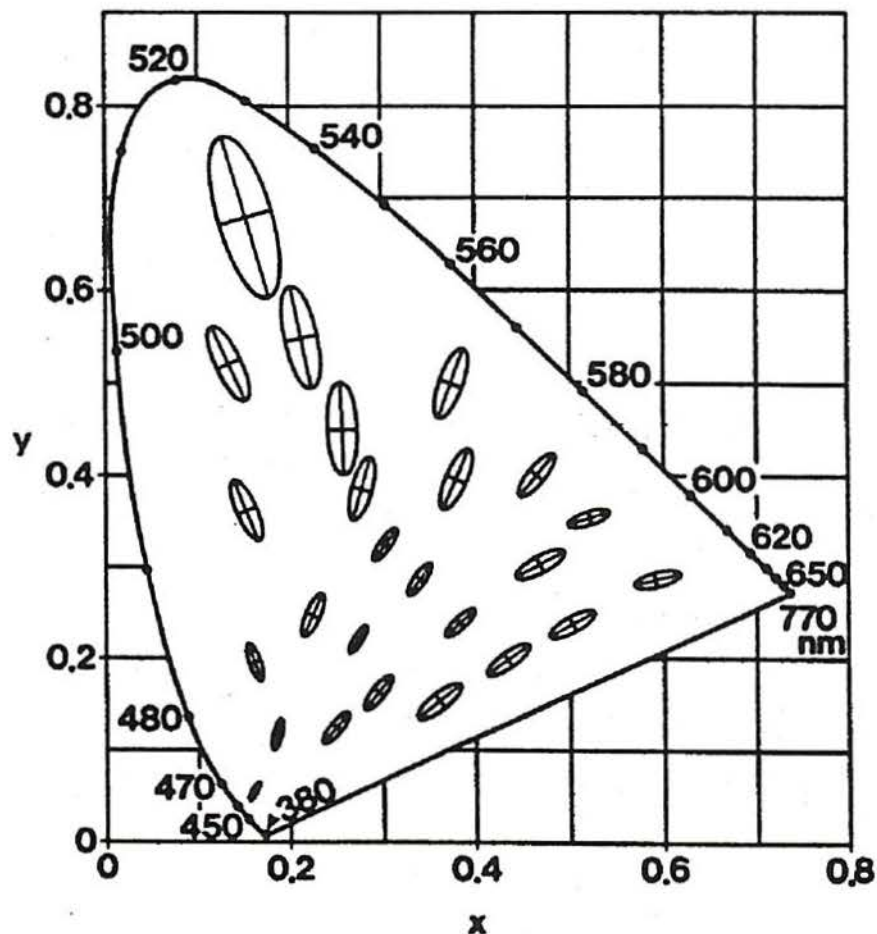


Figura 11.5) Elipses de McAdam

11.2. SISTEMA L*a*b*

Comparado ao triângulo de cor CIE, o sistema L*a*b*, desenvolvido por Judd e Hunter e padronizado em 1976 (DIN 6174, CIE LAB 1976), é o mais utilizado na prática. Ele também é baseado na sensação de cor observada pelo olho humano. Nesse sistema L* define a posição sobre o eixo claro-escuro, a* sobre o eixo vermelho-verde e b* sobre o eixo azul-amarelo.

As coordenadas L*a*b* estão diretamente relacionadas com as coordenadas de cromaticidade X, Y e Z.

$$\begin{aligned}L^* &= 116Y^* - 16 \\a^* &= 500 (X^* - Y^*) \\b^* &= 200 (Y^* - Z^*)\end{aligned}$$

onde:

$$\begin{aligned}X^* &= (X/X_n)^{1/3} \text{ para } X/X_n > 0,008856 \text{ e} \\X^* &= 7,787 (X/X_n) + 0,138 \text{ para } X/X_n < 0,008856\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y^* &= (Y/Y_n)^{1/3} \text{ para } Y/Y_n > 0,008856 \text{ e} \\Y^* &= 7,787 (Y/Y_n) + 0,138 \text{ para } Y/Y_n < 0,008856\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z^* &= (Z/Z_n)^{1/3} \text{ para } Z/Z_n > 0,008856 \text{ e} \\Z^* &= 7,787 (Z/Z_n) + 0,138 \text{ para } Z/Z_n < 0,008856\end{aligned}$$

X_n, Y_n e Z_n são os valores branco perfeito, de acordo com a norma DIN 674:

Tabela 11.2) Valores de X_n, Y_n e Z_n

	Observador Padrão 2º			Observador Padrão 10º		
	ILUMINANTE					
	D65	C	A	D65	C	A
	Xn	95,05	98,07	109,85	94,81	97,28
Yn	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Zn	108,90	118,22	35,58	107,34	116,14	35,20

A vantagem do sistema L*a*b* (figura 11.6) sobre o triângulo de cor CIE é a igualdade de suas distâncias matemáticas no sistema gráfico em todas as faixas de cor.

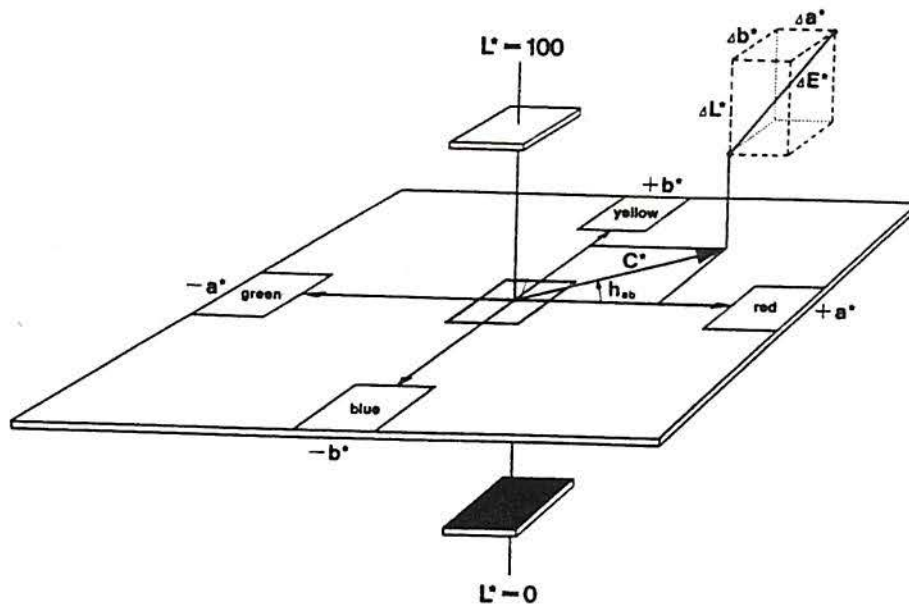


Figura 11.6) Sistema de cor CIE - LAB

Fórmula de distância de cor (δE^*)

O sistema $L^*a^*b^*$ baseado na sensação de cor nos indica as diferenças de cor (δE^*), através da seguinte equação:

$$\delta E^* = [(\delta L^*)^2 + (\delta a^*)^2 + (\delta b^*)^2]^{1/2}$$

Isto é, sobre o triângulo tridimensional pitagoriano dos três eixos diferentes:

$$\delta L^* = L_S^* - L_R^*$$

R = referência (valor nominal)

$$\delta a^* = a_S^* - a_R^*$$

S = amostra (valor atual)

$$\delta b^* = b_S^* - b_R^*$$

O olho humano pode perceber melhor diferenças na tonalidade da cor branca do que em outras faixas de cor. Por exemplo, tolerâncias admissíveis para repintura de carros são $\delta E = 0,3$ para a faixa do branco, $\delta E = 0,5$ para a faixa do azul-turquesa, $\delta E = 0,7$ para a faixa do verde-amarelo e $\delta E = 0,9$ para a faixa do vermelho.

No campo das tintas de escrever as diferenças de tonalidade são classificadas como segue:

Diferença (δE^*)	Classificação diferença de cor
até 0,2	não perceptível
0,2 - 0,5	muito pequena
0,5 - 1,5	pequena
1,5 - 3,0	distinguível
3,0 - 6,0	muito distinguível
6,0 - 12,0	grande
acima de 12,0	muito grande

Utilizando os conceitos desenvolvidos pelo sistema CIE $L^*a^*b^*$ podemos efetuar uma classificação da tonalidade de cor através da determinação das coordenadas de cromaticidade X, Y e Z em intervalos de cor definidos pelas tonalidades de cor empregadas usualmente para classificação de pedras marteladas e gemas lapidadas de ametista e citrino do Rio Grande do Sul.

A partir da determinação dos valores $L^*a^*b^*$ dos limites superior e inferior dos intervalos de tonalidade de cor da tabela de classificação (normalmente são utilizadas 5 faixas de cor para classificação: extra, forte, média, fraca e clara) pode-se analisar qualquer gema através da comparação com padrões pré-determinados (GIA Gem Set Color Kit por exemplo) ou através de testes com colorímetro para determinação das coordenadas de cromaticidade.

O segundo parâmetro de classificação a ser utilizado é o peso da gema, que é padronizado em gramas para pedras marteladas e quilates para gemas lapidadas. Esse parâmetro é facilmente avaliado em balanças semi-analíticas. Normalmente utilizam-se as seguintes faixas de peso para classificação de pedras marteladas, em gramas: (0,3 - 0,5), (0,5 - 1,0), (1,0 - 2,0), (2,0 - 3,0), (3,0 - 5,0), (5,0 - 10,0), (> 10,0). Para o caso de gemas lapidadas a classificação depende do formato da lapidação valorizando-se a gema em função da qualidade e dificuldade da lapidação realizada. Para essas gemas utilizam-se normalmente as seguintes faixas de peso, em quilates: (até 3), (3 - 5), (5 - 10), (10 - 25), (> 25).

A presença de manchas internas pode ser facilmente verificada a olho nu ou com utilização de lupa com aumento 10x e utilizada para a classificação das pedras marteladas e gemas lapidadas em função da homogeneidade da tonalidade de cor no interior da pedra. Sugere-se uma divisão da classificação por intensidade de cor e peso através da utilização de três faixas, representando a quantidade de manchas e homogeneidade de cor como segue, que podem ser definidas através de colorímetro em função da dispersão dos valores do espectro de absorção (largura das bandas de absorção).

Homogênea (mais de 80% da pedra com a mesma tonalidade de cor)

Pouco manchada (entre 60 e 80% da pedra com a mesma tonalidade de cor)

Manchada (mais de 40% da pedra com tonalidade de cor diferentes)

A proposta final de classificação e valorização para ametistas e citrinos RS, utilizando-se como valores de referência a tabela padrão obtida na análise histórica dos preços de venda de pedras marteladas e gemas lapidadas (tabelas 10.3 à 10.7), é a seguinte:

1. Quanto à tonalidade de cor:

Extra
Forte
Média
Frac
Clara

2. Quanto ao peso

Faixas para pedras marteladas

0,3 - 0,5g
0,5 - 1,0g
1,0 - 2,0g
2,0 - 3,0g
3,0 - 5,0g
5,0 - 10,0g
> 10,0g

Faixas para gemas lapidadas

até 3 ct
3 - 5 ct
5 - 10 ct
10 - 25 ct
> 25 ct

3. Quanto à homogeneidade

Homogênea (acima de 80% da cor com mesma tonalidade)

Pouco manchada (entre 60 e 80% da cor com a mesma tonalidade)

Manchada (mais de 40% da cor com tonalidade diferente)

4. Quanto à forma de lapidação

Redonda
Quadrada
Oval
Gota
Navete
Retangular

Assim podemos construir tabelas indicativas dos preços de venda desses produtos gemológicos (pedras marteladas e gemas lapidadas), utilizando-se os dados de preços de venda obtidos através do levantamento históricos dos preços, com segue:

a) Pedras Marteladas

a.1) Homogênea

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
0 - 0,5 g	1,00	0,60	0,40	0,20	0,10
0,5 - 1 g	1,60	1,00	0,70	0,40	0,30
1 - 2 g	2,80	1,80	0,90	0,60	0,40
2 - 3 g	5,00	2,30	1,70	1,00	0,60
3 - 5 g	6,90	3,20	2,90	1,40	1,10
5 - 10 g	7,70	4,90	3,20	2,00	1,30
> 10 g	11,40	7,40	5,60	3,70	1,70

a.2) Pouco Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
0 - 0,5 g	0,80	0,50	0,30	0,15	0,10
0,5 - 1 g	1,30	0,80	0,60	0,30	0,25
1 - 2 g	2,25	1,45	0,70	0,50	0,30
2 - 3 g	4,00	1,85	1,35	0,80	0,50
3 - 5 g	5,50	2,55	2,30	1,10	0,90
5 - 10 g	6,15	3,90	2,55	1,60	1,05
> 10 g	9,10	5,90	4,50	2,95	1,35

a.3) Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
0 - 0,5 g	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05
0,5 - 1 g	0,80	0,50	0,35	0,20	0,15
1 - 2 g	1,40	0,90	0,45	0,30	0,20
2 - 3 g	2,50	1,15	0,85	0,50	0,30
3 - 5 g	3,45	1,60	1,45	0,70	0,55
5 - 10 g	3,85	2,45	1,60	1,00	0,65
> 10 g	5,70	3,70	2,80	1,85	0,85

b) Pedras Lapidadas

b.1) Redonda

b.1.1) Homogênea

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	5,00	1,75	0,80	0,30	0,20
3 - 5 ct	6,50	2,50	1,50	0,40	0,20
5 - 10 ct	8,50	3,50	1,50	0,60	0,30
10 - 25 ct	12,00	4,50	2,00	0,80	0,30
> 25 ct	14,00	6,00	3,00	1,50	0,50

b.1.2) Pouco Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	4,00	1,40	0,65	0,25	0,15
3 - 5 ct	5,20	2,00	1,20	0,30	0,15
5 - 10 ct	6,80	2,80	1,20	0,50	0,24
10 - 25 ct	9,60	3,60	1,60	0,65	0,24
> 25 ct	11,20	4,80	2,40	1,20	0,40

b.1.3) Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	3,00	1,05	0,50	0,20	0,10
3 - 5 ct	3,90	1,50	0,90	0,25	0,10
5 - 10 ct	5,10	2,10	0,90	0,35	0,20
10 - 25 ct	7,20	2,70	1,20	0,50	0,20
> 25 ct	8,40	3,60	1,80	0,90	0,30

b.2) Quadrada**b.2.1) Homogênea**

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	4,50	1,60	0,70	0,25	0,20
3 - 5 ct	5,85	2,25	1,35	0,35	0,20
5 - 10 ct	7,65	3,15	1,35	0,55	0,25
10 - 25 ct	10,80	4,05	1,80	0,70	0,30
> 25 ct	12,60	5,40	2,70	1,35	0,45

b.2.2) Pouco Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	3,60	1,25	0,55	0,20	0,15
3 - 5 ct	4,65	1,80	1,10	0,30	0,15
5 - 10 ct	6,10	2,50	1,10	0,45	0,20
10 - 25 ct	8,65	3,25	1,45	0,55	0,25
> 25 ct	10,10	4,30	2,15	1,10	0,35

b.2.3) Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	1,80	0,60	0,30	0,10	0,10
3 - 5 ct	2,30	0,90	0,55	0,15	0,10
5 - 10 ct	3,05	1,25	0,55	0,20	0,10
10 - 25 ct	4,30	1,60	0,70	0,25	0,15
> 25 ct	5,50	2,15	1,05	0,55	0,15

b.3) Oval

b.3.1) Homogênea

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	5,00	1,75	0,80	0,30	0,20
3 - 5 ct	6,50	2,50	1,50	0,40	0,20
5 - 10 ct	8,50	3,50	1,50	0,60	0,30
10 - 25 ct	12,00	4,50	2,00	0,80	0,30
> 25 ct	14,00	6,00	3,00	1,50	0,50

b.3.2) Pouco Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	4,00	1,40	0,65	0,25	0,15
3 - 5 ct	5,20	2,00	1,20	0,30	0,15
5 - 10 ct	6,80	2,80	1,20	0,50	0,24
10 - 25 ct	9,60	3,60	1,60	0,65	0,24
> 25 ct	11,20	4,80	2,40	1,20	0,40

b.3.3) Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	3,00	1,05	0,50	0,20	0,10
3 - 5 ct	3,90	1,50	0,90	0,25	0,10
5 - 10 ct	5,10	2,10	0,90	0,35	0,20
10 - 25 ct	7,20	2,70	1,20	0,50	0,20
> 25 ct	8,40	3,60	1,80	0,90	0,30

b.4) Gota

b.4.1) Homogênea

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	6,00	2,10	1,00	0,35	0,25
3 - 5 ct	7,80	3,00	1,80	0,50	0,25
5 - 10 ct	10,20	4,20	1,80	0,70	0,35
10 - 25 ct	14,40	5,40	2,40	1,00	0,35
> 25 ct	16,80	7,20	3,60	1,80	0,60

b.4.2) Pouco Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	5,00	1,75	0,80	0,30	0,20
3 - 5 ct	6,50	2,50	1,50	0,40	0,20
5 - 10 ct	8,50	3,50	1,50	0,60	0,30
10 - 25 ct	12,00	4,50	2,00	0,80	0,30
> 25 ct	14,00	6,00	3,00	1,50	0,50

b.4.3) Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	4,00	1,40	0,65	0,25	0,15
3 - 5 ct	5,20	2,00	1,20	0,30	0,15
5 - 10 ct	6,80	2,80	1,20	0,50	0,24
10 - 25 ct	9,60	3,60	1,60	0,65	0,24
> 25 ct	11,20	4,80	2,40	1,20	0,40

b.5) Navete**b.5.1) Homogênea**

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	6,00	2,10	1,00	0,35	0,25
3 - 5 ct	7,80	3,00	1,80	0,50	0,25
5 - 10 ct	10,20	4,20	1,80	0,70	0,35
10 - 25 ct	14,40	5,40	2,40	1,00	0,35
> 25 ct	16,80	7,20	3,60	1,80	0,60

b.5.2) Pouco Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	5,00	1,75	0,80	0,30	0,20
3 - 5 ct	6,50	2,50	1,50	0,40	0,20
5 - 10 ct	8,50	3,50	1,50	0,60	0,30
10 - 25 ct	12,00	4,50	2,00	0,80	0,30
> 25 ct	14,00	6,00	3,00	1,50	0,50

b.5.3) Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	4,00	1,40	0,65	0,25	0,15
3 - 5 ct	5,20	2,00	1,20	0,30	0,15
5 - 10 ct	6,80	2,80	1,20	0,50	0,24
10 - 25 ct	9,60	3,60	1,60	0,65	0,24
> 25 ct	11,20	4,80	2,40	1,20	0,40

b.6) Retangular**b.6.1) Homogênea**

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	4,50	1,60	0,70	0,25	0,20
3 - 5 ct	5,85	2,25	1,35	0,35	0,20
5 - 10 ct	7,65	3,15	1,35	0,55	0,25
10 - 25 ct	10,80	4,05	1,80	0,70	0,30
> 25 ct	12,60	5,40	2,70	1,35	0,45

b.6.2) Pouco Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	3,60	1,25	0,55	0,20	0,15
3 - 5 ct	4,65	1,80	1,10	0,30	0,15
5 - 10 ct	6,10	2,50	1,10	0,45	0,20
10 - 25 ct	8,65	3,25	1,45	0,55	0,25
> 25 ct	10,10	4,30	2,15	1,10	0,35

b.6.3) Manchada

Peso	EXTRA	FORTE	MÉDIA	FRACA	CLARA
até 3 ct	1,80	0,60	0,30	0,10	0,10
3 - 5 ct	2,30	0,90	0,55	0,15	0,10
5 - 10 ct	3,05	1,25	0,55	0,20	0,10
10 - 25 ct	4,30	1,60	0,70	0,25	0,15
> 25 ct	5,50	2,15	1,05	0,55	0,15

(12) ANÁLISE DA VALORIZAÇÃO ECONÔMICA DA LAPIDAÇÃO

Uma segunda série de testes práticos de lapidação em conjunto mecanizado e através de lapidação manual foi realizada para determinar o rendimento econômico médio de um lote de ametistas e definir as taxas de valorização nas diversas etapas de industrialização desse material gemológico.

Foi realizada uma análise de um lote de ametistas classificadas nas cores extra, I e II em bruto e avaliou-se os rendimentos e a valorização obtida desde o processo de martelagem até a obtenção da gema lapidada nos formatos tradicionais em vários calibres.

Como resultado pode-se estimar o nível de agregação de valor quando inicia-se o processo de beneficiamento dos geodos de ametista obtendo-se pedras marteladas e, a partir dessas, gemas lapidadas, que são o fruto esperado do processo de industrialização dessa substância gemológica e matéria-prima para a indústria joalheira.

Foram avaliadas gemas lapidadas nos formatos redondo, oval e quadrado em dimensões que variaram entre 3,8 e 10 mm através dos processos manual e mecanizado tendo-se obtido os seguintes resultados finais em termos de classificação e aproveitamento mássico da substância gemológica:

- 1) Ametista Extra, pedra martelada 1 - 2 g - 248 ct (bruto)
Processo manual, formato oval - 69,55 ct (lapidado)
Aproveitamento 28,04% (lote de 37 pedras)
- 2) Ametista cor I, pedra martelada 1 - 2 g - 250 ct (bruto)
Processo manual, formato oval - 73,85 ct (lapidado)
Aproveitamento 29,54% (lote de 36 pedras)
- 3) Ametista cor II, pedra martelada 1 - 2 g - 650 ct (bruto)
Processo manual, formato redondo - 173,36 ct (lapidado)
Aproveitamento 26,67% (lote de 100 pedras)
- 4) Ametista cor II, pedra martelada 0,3 - 0,5 g - 230 ct (bruto)
Processo mecanizado, formatos redondo e quadrado - 40 ct (lapidado)
Aproveitamento 17,4% (lote de 154 pedras - 16 quebras)

5) Ametista cor II, pedra martelada 0,5 - 1 g - 378,5 ct (bruto)
 Processo mecanizado, formato oval - 57,65 ct (lapidado)
 Aproveitamento 15,25% (lote de 90 pedras - 4 quebras)

6) Ametista cor I, pedra martelada 0,5 - 1 g - 121,5 ct (bruto)
 Processo mecanizado, formato redondo - 26 ct (lapidado)
 Aproveitamento 21,4% (lote de 62 pedras - 5 quebras)

7) Ametista cor II, pedra martelada 0,3 - 0,5 g - 975,0 ct (bruto)
 Processo mecanizado, formato redondo - 181,5 ct (lapidado)
 Aproveitamento 20,7% (lote de 871 pedras - 116 quebras)

Peso total bruto: 2.853 ct
 Peso total lapidado: 625,92 ct
 Aproveitamento médio: 21,94%

Os resultados obtidos nessa etapa de testes práticos de lapidação permitiram a determinação dos seguintes rendimentos mássicos médios para os processos de lapidação manual e mecanizada de ametistas:

Lapidação manual: 1.148 ct (bruto); 316,77 ct (lapidado)
 Aproveitamento médio: 27,50%

Lapidação mecanizada: 1.705 ct (bruto); 309,15 ct (lapidado)
 Aproveitamento médio: 18,13%

A tabela 12.1 apresenta os custos médios de aquisição das pedras marteladas utilizadas para a realização dos testes práticos de lapidação indicando o custo de aquisição de matéria-prima. Comparando-se os valores médios de venda das gemas lapidadas com o custo de aquisição indicado na tabela 12.1 pode-se estimar a valorização econômica média da industrialização de ametistas no Rio Grande do Sul.

Tabela 12.1) Custo de aquisição das pedras marteladas:

Cor	Tamanho (g)	Peso total (ct)	Peso total (g)	Custo (US\$/g)	Custo total
Extra	1 - 2	248,0	49,6	4,90	243,00
I	1 - 2	250,0	50,0	2,80	140,00
II	1 - 2	650,0	130,0	1,58	205,40
II	0,3 - 0,5	230,0	46,0	0,60	27,60
II	0,5 - 1	378,5	75,7	1,05	79,50
II	0,5 - 1	121,5	24,3	1,05	25,50
II	0,3 - 0,5	975,0	195,0	0,60	117,00
Total	-	2.853,0	570,6	-	837,60

Os rendimentos alcançados nos testes de lapidação e uma avaliação a valorização possível de ser obtida através desse processo é apresentada nas tabelas 12.2 à 12.4. A partir desses dados pode-se realizar uma análise econômica da valorização possível de ser obtida em cada etapa do processo de lapidação de ametista do Rio Grande do Sul.

Tabela 12.2) Rendimentos médios obtidos na lapidação de ametistas

FORMATO: REDONDO

Quantidade	Diâmetro (mm)	Classificação	Preço (US\$/ct)	Peso (ct)	Valor total (US\$)
37	3,8	I - II	4,00	7,48	29,92
16	4,0	I - II	4,00	3,80	15,20
12	4,5	I - II	4,00	3,45	13,80
29	5,5	I	5,00	17,53	87,65
11	6,0	I	5,00	7,64	38,20
22	7,0	I - II	2,50	27,76	69,40
19	7,5	II - III	2,50	28,57	71,43
14	8,0	I	5,00	25,22	126,10
22	8,0	II - III	3,00	39,32	117,96
8	8,5	II	3,50	16,04	56,14
8	9,0	III	3,00	20,89	62,67
2	9,5	I	6,00	5,80	34,90
2	9,5	III	3,50	5,97	20,90
12	3,0	II	2,50	1,15	2,88
15	3,5	II	2,50	2,20	5,50
311	4,0	II	2,50	70,30	175,75
13	4,2	II	2,50	3,15	7,88
304	4,5	II	2,50	104,70	261,75
865	-	-	-	390,97	1.197,93

Tabela 12.3) Rendimentos médios obtidos na lapidação de ametistas

FORMATO: OVAL

Quantidade	Dimensão (mm)	Classificação	Preço (US\$/ct)	Peso (ct)	Valor total (US\$)
6	4x5	I	5,00	2,14	10,70
26	4x5	II - III	2,50	8,84	22,10
15	5x6,5	I - II	4,00	9,58	38,32
22	5,5x7	I - II	4,00	16,26	65,04
15	5,5x7	II - III	2,50	10,84	27,10
6	6x8	II - III	3,00	7,89	23,67
2	6,5x8,5	Extra	8,00	3,05	24,40
11	6,5x8,5	I	6,50	15,83	102,89
4	7x9	Extra	8,00	7,25	58,00
10	7x9	I	5,00	17,97	89,85
7	7x9	II - III	3,00	12,45	37,35
9	7,5x9,5	I	6,00	19,76	118,56
3	7,5x9,5	Extra	8,00	6,51	52,08
6	8x10	Extra	8,00	15,58	124,64
11	8x10	I	6,50	28,32	184,08
3	8x10	II - III	4,00	7,98	31,92
156	-	-	-	190,25	1.010,70

Tabela 12.4) Rendimentos médios obtidos na lapidação de ametistas

FORMATO: QUADRADO

Quantidade	Dimensão (mm)	Classificação	Preço (US\$/ct)	Peso (ct)	Valor total (US\$)
17	3,8x3,8	III	2,00	5,01	10,02
17	4x4	III	2,00	5,75	11,50
14	4x4	II	3,00	4,56	13,68
26	4x4	II - III	2,50	9,21	23,03
74	-	-	-	24,53	58,23

A valorização possível de ser obtida através da industrialização da ametista por meio da lapidação pode ser visualizada na tabela 12.5, onde é apresentado as principais etapas de beneficiamento e a valorização que ocorre entre uma etapa e outra do processo de lapidação.

Tabela 12.5) Valorização econômica nas etapas da lapidação

Etapa	Peso	Aproveitamento (%)	Valor mercado (US\$)	Valorização
Geodo Ametista cor I	55.000 g (55 kg)	-	500,00	-
Pedra martelada	570,6 g (2.853 ct)	1,50	837,60	+ 67,52%
Pedra lapidada	625,92 ct	21,94	2.266,86	+ 353,4% (geodo) + 170,6% (martelada)

Considerando o processamento de 1 kg de geodo em bruto de cor I com preço de venda de 12 US\$/kg, podemos avaliar a sua valorização através dos parâmetros de aproveitamento e preço de venda médios de mercado. Considerando um aproveitamento de 1,5% na etapa de martelagem obtém-se 15 g de pedra martelada com tamanho entre 1 - 2 g, preço de venda 2,0 US\$/g (15 g x 2,0 US\$/g = US\$ 30,00). Estimando um aproveitamento de 20% na etapa de lapidação obtém-se 3 g de pedra lapidada (15 ct) com preço de venda 4,0 US\$/ct (15 ct x 4,0 US\$/ct = US\$ 60,00). A valorização econômica obtida nesse exemplo hipotético é:

1 kg	Geodo em bruto	12 US\$	
15 g	Pedra martelada	30 US\$	+ 150% (geodo)
15 ct	Pedra lapidada	60 US\$	+ 400% (geodo)
			+ 100% (martelada)

Pode-se estimar uma valorização de cerca de 5 vezes no valor agregado a ametista através do processo de lapidação, com aproveitamento de cerca de 0,3% da massa do geodo de ametista em bruto, diminuindo também proporcionalmente as despesas de transporte, armazenagem e movimentação de material.

A tabela 12.6 apresenta um resumo dos testes de lapidação manual realizados na primeira etapa prática de lapidação de lotes de ametista e citrino RS, que permitirão a determinação dos rendimentos anuais em termos de gemas lapidadas, consumo anual de pedras marteladas e tempo de lapidação por quilate produzido. Esses parâmetros podem ser utilizados para realizar-se uma estimativa da valorização econômica do processo de lapidação manual e da capacidade de produção unitária por lapidário.

Tabela 12.6) Resumo dos testes de lapidação manual de citrino RS e ametista

Tipo de Pedra	Formato	Peso inicial	Peso Final	Aproveitamento	Perda	Tempo Operação	Tempo Total
Citrino RS	Quadrado	4 ct	0,92 ct	23%	77%	0:20:00	0:30:00
"	Retangular	5,1 ct	1,4 ct	27,5%	72,5%	0:25:45	0:40:00
"	Redondo	4 ct	1,05 ct	26,3%	73,7%	0:21:35	0:35:00
"	Oval	5,15 ct	1,65 ct	32%	68%	0:27:45	0:45:00
"	Gota	4,1 ct	1,05 ct	25,6%	74,4%	0:22:25	0:35:00
"	Oval	4,25 ct	1,25 ct	29,4%	70,6%	0:26:00	0:40:00
"	Baguette	1,6 ct	0,354 ct	22%	78%	0:21:15	0:30:00
"	Oval	6,1 ct	1,32 ct	21,6%	78,4%	0:38:15	0:55:00
Ametista	Retangular	2,2 ct	0,59 ct	26,8%	73,2%	0:21:45	0:35:00
"	Navete	3,75 ct	1,091 ct	29,1%	70,9%	0:31:30	0:50:00
"	Oval	2,3 ct	0,48 ct	20,9%	79,1%	0:23:45	0:35:00
"	Redonda	3,65 ct	0,805 ct	22,1%	77,9%	0:24:15	0:35:00
"	Quadrada	1,56 ct	0,35 ct	22,4%	77,6%	0:15:45	0:25:00
"	Oval	4,9 ct	1,25 ct	25,5%	74,5%	0:23:15	0:35:00
"	Navete	4,85 ct	1,05 ct	21,6%	78,4%	0:35:30	0:55:00

Tabela 12.7) Resumo estudo tempos e movimentos - Citrino RS

Peso (ct)	Aproveitamento (%)	Tempo Lapidação (min)	Tempo Unitário (min/ct)
0,92 ct	23,00	30'	32,61
1,4 ct	27,50	40'	28,57
1,05 ct	26,30	35'	33,33
1,65 ct	32,00	45'	27,27
1,05 ct	25,60	35'	33,33
1,25 ct	29,40	40'	32,00
0,354 ct	22,00	30'	84,75
1,32 ct	21,60	55'	41,67

Média: 25,93% 38'45" 39,19'
 Desvio-padrão: 3,67% 8'20" 18,90'

Tabela 12.8) Resumo estudo tempos e movimentos - Ametista

Peso (ct)	Aproveitamento (%)	Tempo Lapidação (min)	Tempo Unitário (min/ct)
0,59 ct	26,60	35'	59,32
1,091 ct	29,10	50'	45,83
0,48 ct	20,90	35'	72,92
0,805 ct	21,10	35'	43,48
0,35 ct	22,40	25'	71,43
1,25 ct	25,50	35'	28,00
1,05 ct	21,40	55'	52,38

Média: 23,91% 38'35" 53,34'
 Desvio-padrão: 3,22% 10'15" 16,04'

Considerando os resultados apresentados nas tabelas 12.6 a 12.8 pode-se estimar o rendimento médio da lapidação manual e o tempo médio de lapidação para cada lapidário disponível na oficina.

Os valores médios obtidos para esses parâmetros estão na tabela 12.9.

Tabela 12.9) Rendimentos médios e tempos de lapidação

Tipo de Gema	Rendimento (%)		Tempo lapidação (min)		Tempo unitário (min/ct)	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio padrão
Citrino	25,93	3,67	38'45"	8'20"	39,19	18,90
Ametista	23,91	3,22	38'35"	10'15"	53,34	16,04
Total	24,99	3,50	38'40"	8'55"	45,79	18,50

Considerando que apenas 1 lapidário irá executar todas as operações necessárias ao processo de lapidação manual (caso de uma empresa individual ou de lapidários autônomos), podemos estimar, na situação mais desfavorável, o rendimento anual em quilates de gemas lapidadas/ano, consumo de pedras marteladas e valorização econômica no processo de lapidação manual.

A capacidade de produção anual é determinada dividindo-se o tempo anual disponível para o trabalho de lapidação pelo tempo médio unitário por quilate produzido:

$$\begin{aligned}\text{Capacidade de produção} &= 1.980 \text{ h/ano} \cdot 80\% \text{ rendimento} \cdot 60 \text{ min} / 45,79 \text{ min/ct} \\ &= 2.075,56 \text{ ct/ano} = 172,96 \text{ ct/mês}\end{aligned}$$

O consumo de matéria-prima (pedras marteladas) é determinado dividindo-se a produção anual de gemas lapidadas pelo rendimento médio obtido no processo de lapidação manual:

$$\begin{aligned}\text{Consumo anual matéria-prima} &= 2.075,56 \text{ ct/ano} / 24,99\% = 8.305,56 \text{ ct/ano} \\ &= 1.661,11 \text{ g/ano de pedras marteladas / lapidário}\end{aligned}$$

A valorização econômica no processo de lapidação manual para um lapidário individual, realizando todas as etapas do processo produtivo é determinada comparando-se a receita obtida na venda das gemas lapidadas em relação ao custo de aquisição de matéria-prima (pedras marteladas). Para o caso da lapidação de pedras marteladas de cor I (forte) temos a seguinte relação:

$$\begin{aligned}\text{Custo matéria-prima: } &1.661,11 \text{ g/ano} \cdot 2,0 \text{ US$/g} = 3.222,22 \text{ US$/ano} \\ \text{Receita gemas lapidadas: } &2.075,56 \text{ ct/ano} \cdot 4,0 \text{ US$/ct} = 8.302,24 \text{ US$/ano} \\ \text{Valor agregado por lapidário} &= 5.080,02 \text{ US$/ano}\end{aligned}$$

$$\text{Valorização econômica: } (8.302,24 / 3.222,22 - 1) \cdot 100 = 157,66\%$$

(13) ANÁLISE MACROECONÔMICA DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE AMETISTA NO RS

Considerando os dados abaixo, que apresentam as características de produção da região do Alto Uruguai (Koppe et all, 1994; Fellemborg, 1994), podemos estimar o potencial macroeconômico agregação de valor na etapa de industrialização para as ametistas encontradas no Estado do Rio Grande do Sul.

Galerias em operação: 5.000 - 7.000
 Minas existentes: 300 - 350
 Número de garimpeiros: 4.000 - 5.000
 Movimentação anual de material (estéril + geodos): 100 - 150 ton/semana, correspondendo a cerca de 1 - 2 milhões de ton/ano
 Produção de drusas: 50 - 100 kg/mês/galeria
 Produção total da região: 250 - 350 ton/mês ametista em geodos
 20 - 50 ton/mês ágata

Média utilizada nos cálculos:

Produção: 75 kg/mês/galeria
 Galerias: 6.000 galerias com 60% em operação = 3.600 galerias em operação
 Paradas em épocas de chuva: 2 meses/ano
 Eficiência 80% na operação anual temos: $(12 - 2) \cdot 0,8 = 8$ meses/ano

Estimativa de produção = 3.600 galerias . 75 kg/mês/galeria . 8 meses/ano
 Produção anual = 2.160.000 kg/ano \Rightarrow 2.160 ton/ano

Valor médio geodo de ametista no garimpo: US\$ 4,00/kg
 Valor bruto da produção = 2.160.000 kg/ano . 4 US\$/kg = 8.640.000 US\$/ano

Produção média mensal = $2.160 / 8 = 270$ ton/mês
 270 ton/mês / 3.600 galerias = 75 kg/mês/galeria

Estimando-se em cerca de 30% a produção da região de Quaraí em relação a produção do Alto Uruguai, tem-se uma produção para a região sul do Estado de:

$0,3 \cdot 270$ ton/mês = 80 ton/mês de geodos de ametista

Estimando-se em cerca de 10% a produção das regiões de Lajeado e Serra em relação a produção do Alto Uruguai, tem-se uma produção para o resto do Estado do RS de:

$$0,1 \cdot 270 \text{ ton/mês} = 25 \text{ ton/mês de geodos de ametista}$$

Assim pode-se estimar uma produção total para o Estado do Rio Grande do Sul de:

Região	Produção mensal	Produção anual
Alto Uruguai	270 ton	2.160 ton
Fronteira Sudoeste	80 ton	640 ton
Lajeado e Serra	25 ton	200 ton
Total do RS	375 ton	3.000 ton

Considerando um preço médio de de exportação de 12 US\$/kg do geodo de ametista tem-se um valor bruto na etapa de extração de US\$ 36 milhões.

Estimando que 40% desses geodos são possíveis de serem processados para a produção de pedras marteladas de ametista, com rendimento médio de 4% na etapa de martelação tem-se:

Região	Cálculo da produção	Produção anual
Alto Uruguai	$2.160 \cdot 40\% \cdot 0,04$	34,56 ton
Fronteira Sudoeste	$80 \cdot 40\% \cdot 0,04$	10,24 ton
Lajeado e Serra	$25 \cdot 40\% \cdot 0,04$	3,20 ton
Total do RS	$375 \cdot 40\% \cdot 0,04$	48,00 ton

Considerando-se um preço médio de venda de exportação de 2 US\$/g de pedra martelada de ametista tem-se um valor total na etapa de martelação de US\$ 96 milhões, consumindo 1.200 ton/ano de geodos de ametista que possuem um valor bruto de US\$ 14,4 milhões. Pode-se obter nessa etapa da industrialização uma valorização de cerca de 6,7 vezes no valor da produção.

Estimando-se uma recuperação de 20% das pedras marteladas como gemas lapidadas tem-se a seguinte produção anual:

Região	Cálculo da produção	Produção anual
Alto Uruguai	$34,56 \cdot 0,2$	6,91 ton
Fronteira Sudoeste	$10,24 \cdot 0,2$	2,05 ton
Lajeado e Serra	$3,20 \cdot 0,2$	0,64 ton
Total do RS	$48,00 \cdot 0,2$	9,60 ton

Considerando um preço médio de exportação de 4 US\$/ct de gema lapidada de ametista tem-se um valor total da produção na etapa de lapidação de US\$ 192 milhões consumindo 48 ton/ano de pedras marteladas, que possuem um valor total de US\$ 96 milhões. Pode-se obter nessa etapa final da industrialização da ametista uma valorização de cerca de 2 vezes no valor da produção em relação à receita obtida na venda de pedras marteladas.

Na hipótese de venda da produção em bruto e exportação da mesma na forma de geodos tem-se uma carga tributária de 2,5% ou aproximadamente:

$$36.000.000 \cdot 0,025 = 900.000 \text{ US\$/ano}$$

Na hipótese de venda de 40% da produção na forma de pedras marteladas, considerando uma carga tributária de 5%, teremos uma arrecadação de aproximadamente:

$$96.000.000 \cdot 0,05 + 21.600.000 \cdot 0,025 = 5.340.000 \text{ US\$/ano}$$

Finalmente, na hipótese de venda de 40% da produção na forma de gemas lapidadas, estimando-se uma carga tributária total de 10%, teremos uma arrecadação de aproximadamente:

$$192.000.000 \cdot 0,10 + 21.600.000 \cdot 0,025 = 19.740.000 \text{ US\$/ano}$$

Assim pode-se ter uma evolução na arrecadação de impostos e contribuições nas seguintes proporções:

Geodos em bruto	900.000	1
Pedras marteladas e geodos em bruto	5.340.000	5,9 vezes
Gemas lapidadas e geodos em bruto	19.740.000	21,9 vezes

Estimando a capacidade de produção de um martelador de pedras em aproximadamente 2 kg/mês, tem-se a seguinte necessidade de mão-de-obra para essa etapa da industrialização da ametista no Estado do RS:

$$\begin{aligned} 48 \text{ ton/ano} &\Rightarrow 6 \text{ ton/mês} \Rightarrow 6.000 \text{ kg/mês} \\ 6.000 \text{ kg/mês} / 2 \text{ kg/mês/martelador} &= 3.000 \text{ marteladores} \\ 6.000 \text{ kg/mês} / 25 \text{ kg/mês/empresa} &= 240 \text{ empresas} \end{aligned}$$

Estimando uma produtividade na etapa de lapidação mecanizada de 3.000 ct/mês por lapidário, tem-se a seguinte necessidade de mão-de-obra para essa etapa da industrialização da ametista do Estado do RS:

$$\begin{aligned} 9,6 \text{ ton/ano} &\Rightarrow 1,2 \text{ ton/mês} \Rightarrow 1.200 \text{ kg/mês} \Rightarrow 6.000.000 \text{ ct/mês} \\ 6.000.000 \text{ ct/mês} / 3.000 \text{ ct/mês/lapidário} &= 2.000 \text{ lapidários} \\ 6.000.000 \text{ ct/mês} / 70.000 \text{ ct/empresa} &= 85 \text{ empresas} \end{aligned}$$

O total da mão-de-obra direta necessária à industrialização de 40% da produção anual de ametista em bruto extraída no Estado do RS, através da lapidação mecanizada, é de aproximadamente 5.000 pessoas distribuídas nas seguintes ocupações: 3.000 marteladores e 2.000 lapidários. Considerando uma proporção de 30% da necessidade da mão-de-obra indireta em relação à mão-de-obra direta tem-se um total de mais 1.500 empregos nas funções administrativas e de supervisão, chegando-se a um total de geração de mais 6.500 novos postos de trabalho.

Estimando uma produtividade na etapa de lapidação manual de 450 ct/mês por lapidário, tem-se a seguinte necessidade de mão-de-obra para essa etapa da industrialização da ametista do Estado do RS:

$$\begin{aligned}
 9,6 \text{ ton/ano} &\Rightarrow 1,2 \text{ ton/mês} \Rightarrow 1.200 \text{ kg/mês} \Rightarrow 6.000.000 \text{ ct/mês} \\
 6.000.000 \text{ ct/mês} / 450 \text{ ct/mês/lapidário} &= 13.000 \text{ lapidários} \\
 6.000.000 \text{ ct/mês} / 17.000 \text{ ct/empresa} &= 350 \text{ empresas}
 \end{aligned}$$

O total da mão-de-obra direta necessária à industrialização de 40% da produção anual de ametista em bruto extraída no Estado do RS, através da lapidação manual, é de aproximadamente 16.000 pessoas distribuídas nas seguintes ocupações: 3.000 marteladores e 13.000 lapidários. Considerando uma proporção de 30% da necessidade da mão-de-obra indireta em relação à mão-de-obra direta tem-se um total de mais 4.500 empregos nas funções administrativas e de supervisão, chegando-se a um total de geração de mais 20.500 novos postos de trabalho.

Tabela 13.1) Resumo dos benefícios macroeconômicos para o Estado do RS

Indicador	Quantidade
Valorização econômica na etapa de martelação	+ US\$ 60 milhões em relação a venda de geodos em bruto (6,7 vezes)
Valorização econômica na etapa de lapidação	+ US\$ 96 milhões em relação a venda de pedras marteladas (2 vezes)
Aumento na receita tributária na etapa de martelação	+ US\$ 4,44 milhões em relação a venda de geodos em bruto (5,9 vezes)
Aumento na receita tributária na etapa de lapidação	+ US\$ 18,84 milhões em relação a venda de geodos em bruto (21,9 vezes)
Número de empresas de martelação	240
Número de empresas de lapidação mecanizada	85
Número de empresas de lapidação manual	350
Número de empregos na martelação	3.000 marteladores
Número de empregos na lapidação (lapidação mecanizada)	2.000 lapidários
Número de empregos indiretos (lapidação mecanizada)	1.500 empregos
Total de empregos novos (martelação + lapidação mecanizada)	6.500 empregos
Número de empregos na lapidação (lapidação manual)	13.000 lapidários
Número de empregos indiretos (lapidação manual)	4.500 empregos
Total de empregos novos (martelação + lapidação manual)	20.500 empregos

Através da tabela 13.1 pode-se avaliar as perdas para o Estado do Rio Grande do Sul em termos de geração de emprego, arrecadação tributária e obtenção de divisas.

Esse fato fica mais marcante quando verificamos que a ocorrência das pedras preciosas gaúchas encontram-se em regiões do interior do Estado onde são escassas as oportunidades de emprego e geração de riqueza, o que demonstra uma negligência do governo em não apoiar decisivamente a implantação de empreendimentos que visem a industrialização dessa riqueza mineral.

A valorização de pedras preciosas nessas regiões torna-se de suma importância pois cria uma oportunidade de fixação do homem no campo, minimizando o êxodo rural da população. Com a implantação de indústrias de martelação e lapidação tem-se a possibilidade de criação de empregos entre 6.500 e 20.500 postos de trabalho, para pessoas de escolaridade média a baixa (1º grau completo e incompleto), que são a maioria da população dessas regiões.

Além disso vê-se claramente uma grande oportunidade de obtenção de divisas para o Estado (na ordem de US\$ 200 milhões) e, mais ainda, uma oportunidade de aumento da arrecadação de impostos (perto de US\$ 20 milhões) que são perdidos atualmente na venda de pedras em bruta, que recebem a agregação de valor em outros países, com enormes prejuízos para o Rio Grande do Sul.

Através da implantação das cargas tributárias indicada, além do aumento da arrecadação tributária, está-se inibindo o comércio de pedras em bruto, que hoje não sofrem nenhuma carga tributária, com a taxação dos materiais em bruto e semi-industrializados e diminuição da taxação dos produtos industrializados com uma carga tributária máxima de 10% sobre o valor das gemas lapidadas.

Por fim deve-se considerar também a possibilidade de criação no Estado de um pólo de joalheria para utilização dessas gemas lapidadas, que aumentariam em muito os valores apresentados, pois geram produtos de valor agregado muito superior as gemas lapidadas.

(14) CONCLUSÕES FINAIS

1. Os testes práticos de lapidação mecanizada apontaram um rendimento médio (aproveitamento de matéria-prima) de 20% e um tempo de lapidação unitário (min/ct) que variou entre 2 e 7 min/ct, diminuindo em relação direta ao aumento do diâmetro da gema lapidada.

2. Os testes práticos de lapidação manual apontaram um rendimento médio (aproveitamento de matéria-prima) de 25% e tempos de lapidação unitário (min/ct e min/mm²) que variaram entre 20 e 50 min/ct e entre 0,4 e 0,9min/ mm², diminuindo em relação direta ao aumento do diâmetro da gema lapidada.

3. Através da análise econômica do processo de lapidação mecanizada foram estimados os seguintes parâmetros econômicos formadores do fluxo de caixa: receita operacional: 3.000.000 US\$/ano, investimento inicial: US\$ 270.000 e custo de produção: 2.500.000 US\$/ano. Os critérios de decisão determinísticos, obtidos através da análise do fluxo de caixa descontado do processo de lapidação mecanizada apontaram para um valor líquido presente (20 anos, taxa de desconto = 18% aa) de US\$ 1.600.000, uma taxa interna de retorno de 45% aa e um payback de 1 ano.

4. Através das análises de sensibilidade realizadas sobre o fluxo de caixa do processo de lapidação mecanizada conclui-se que os parâmetros críticos na viabilidade do empreendimento são o preço de venda das gemas lapidadas (fator externo, do mercado e interno, vendas), o aproveitamento da matéria-prima (fator interno, do processo) e o custo de aquisição de matéria-prima (fator externo, do mercado e interno, compras). Existe uma pequena influência na lucratividade do processo de lapidação mecanizada devido a variações no custo operacional e investimento inicial. Nota-se pois ser de fundamental importância a realização de vendas eficientes que garantam a receita mínima necessária, o treinamento dos recursos humanos para garantir um pleno aproveitamento da matéria-prima e a realização de compras eficientes, que garantam um custo de aquisição reduzido e uma qualidade que permita o maior aproveitamento possível da matéria-prima. Analisando-se pela técnica dos valores provável, pessimista e otimista obteve-se um valor presente líquido de US\$ 1.350.000.

5. Através da análise econômica do processo de lapidação manual foram estimados os seguintes parâmetros econômicos formadores do fluxo de caixa: receita operacional: 800.000 US\$/ano, investimento inicial: US\$ 55.000 e custo de produção: 600.000 US\$/ano. Os critérios de decisão determinísticos, obtidos através da análise do fluxo de caixa descontado do processo de lapidação manual apontaram para um valor líquido presente (20 anos, taxa de desconto = 18% aa) de US\$ 140.000, uma taxa interna de retorno de 28% aa e um payback de 1 ano.

6. Através das análises de sensibilidade realizadas sobre o fluxo de caixa do processo de lapidação manual conclui-se que os parâmetros críticos na viabilidade do empreendimento são o preço de venda das gemas lapidadas (fator externo, do mercado e interno, vendas), o aproveitamento da matéria-prima (fator interno, do processo), o custo de aquisição de matéria-prima (fator externo, do mercado e interno, compras) e o custo operacional (fator interno, do processo). Existe uma pequena influência na lucratividade do processo de lapidação mecanizada devido à variação no investimento inicial. Nota-se pois ser de fundamental importância a realização de vendas eficientes que garantam a receita mínima necessária, o treinamento dos recursos humanos para garantir um pleno aproveitamento da matéria-prima, uma eficiente gerência dos recursos técnicos e humanos disponíveis para manter seus custos operacionais o mais baixo possível e a realização de compras eficientes, que garantam um custo de aquisição reduzido e uma qualidade que permita o maior aproveitamento possível da matéria-prima. Analisando-se pela técnica dos valores provável, pessimista e otimista obteve-se um valor presente líquido de US\$ 50.000.

7. O cálculo do ponto de equilíbrio da alternativa de lapidação mecanizada apontou uma margem de contribuição unitária de 0,70 US\$/ct (lapidado), um custo fixo anual de 100.000 US\$/ano e um custo variável de 2.800.000 US\$/ano. O ponto de equilíbrio calculado foi de 155.000 ct/ano, o que corresponde a 18% da capacidade instalada de produção do conjunto mecanizado e uma receita mínima anual de US\$ 615.000 para não haver prejuízo nas operações.

8. O cálculo do ponto de equilíbrio da alternativa de lapidação manual apontou uma margem de contribuição unitária de 0,60 US\$/ct (lapidado), um custo fixo anual de 50.000 US\$/ano e um custo variável de 680.000 US\$/ano. O ponto de equilíbrio calculado foi de 86.000 ct/ano, o que corresponde a 42,5% da capacidade instalada de produção da oficina de lapidação manual e uma receita mínima anual de US\$ 340.000 para não haver prejuízo nas operações.

9. A análise comparativa entre as duas opções de lapidação através da determinação do ponto de Fischer indica que para taxas de retorno 0 e 51,4% a melhor alternativa de processamento é a lapidação mecanizada. Acima de 51,4% aa a melhor alternativa é a lapidação manual. O motivo desse resultado é a maior necessidade de capital inicial (capital de giro e investimento inicial) do processo mecanizado e a diminuição das contribuições dos fluxos de caixa mais distantes no tempo produzida pela taxa de desconto.

10. A análise probabilística para a lapidação mecanizada, através da técnica de Monte Carlo, apresentou os seguintes resultados: valor presente líquido esperado (médio) de US\$ 1.615.000; desvio padrão do valor presente líquido de US\$ 1.595.000; probabilidade do valor líquido presente < 0 , para uma taxa de retorno de 18% aa de 16%; taxa interna de retorno esperada (média) de 47% aa; desvio padrão da taxa interna de retorno de 30% aa; probabilidade da taxa interna de retorno $< 6,17\%$ (taxa anual da poupança) de 9%.

11. A análise probabilística para a lapidação manual, através da técnica de Monte Carlo, apresentou os seguintes resultados: valor presente líquido esperado (médio) de US\$ 105.000; desvio padrão do valor presente líquido de US\$ 360.000; probabilidade do valor líquido presente < 0 , para uma taxa de retorno de 18% aa de 38%; taxa interna de retorno esperada (média) de 27,5% aa; desvio padrão da taxa interna de retorno de 23% aa; probabilidade da taxa interna de retorno $< 6,17\%$ (taxa anual da poupança) de 18%.

12. Através dos testes práticos de lapidação manual e mecanizada chegou-se a uma valorização média de 5 vezes no valor agregado a ametista em bruto com um aproveitamento de cerca 0,3% da massa do geodo em bruto na forma de gema lapidada. Considerando as exportações atuais de ametista e citrino, da ordem de US\$ 20 milhões, pode-se estimar um valor adicional de divisas da ordem de US\$ 100 milhões, através da lapidação de ametistas, em relação ao que é atualmente exportado em bruto pelo Rio Grande do Sul. A lapidação manual da ametista produz uma valorização média de aproximadamente 160% em relação ao valor agregado via martelagem, gerando uma receita anual da ordem de 8.300 US\$/lapidário.

13. Estimou-se em 3.000 toneladas/ano de geodos de ametista a produção anual do Estado do Rio Grande do Sul. Considerando que aproximadamente 40% desse total podem ser marteladas (com um aproveitamento de 4% em na etapa de martelagem) e que 50% das pedras marteladas podem ser lapidadas no Estado (com um aproveitamento de 20% em peso na etapa de lapidação), podem ser obtidos os seguintes benefícios macroeconômicos:

- Criação de 240 empresas de martelagem;
- Criação de 85 indústrias de lapidação mecanizada ou 350 indústrias de lapidação manual;
- Geração de 3.000 empregos diretos na ocupação de martelador;
- Geração de 6.500 empregos diretos e indiretos na indústria de lapidação mecanizada ou 20.500 empregos diretos e indiretos na indústria de lapidação manual;
- Valorização de 6,7 vezes na etapa de martelagem (+ 60.000.000 US\$/ano) e mais 2 vezes na etapa de lapidação (+ 96.000.000 US\$/ano) com a obtenção de uma receita anual da ordem de US\$ 200.000.000;
- Aumento da arrecadação tributária da ordem de 22 vezes em relação à venda de geodos em estado bruto com uma acréscimo na receita tributária da ordem de 20.000.000 US\$/ano, com alíquotas totais de tributação entre 5 e 10%.

14. Conclui-se finalmente pela viabilidade econômica dos processos de lapidação mecanizada e manual das ametistas gaúchas, com a preferência de utilização do processo mecanizada em vista do maior valor agregado possível de ser obtido com essa técnica. Para viabilização da industrialização das ametistas gaúchas no Estado do Rio Grande do Sul deve-se estruturar um plano de ação que vise o desenvolvimento do setor e a criação de um parque industrial de martelagem e lapidação. Nesse plano deverão estar presentes ações a nível institucional, governamental e da iniciativa privada que possibilitem sobretudo:

- Facilidades para aquisição de equipamentos para modernização das indústrias existentes e criação de novas indústrias através da abertura de linhas de crédito com taxas de juros atraentes, incentivo à importação de equipamentos de última geração para aumento da competitividade das indústrias e disseminação de informação tecnológica que permita às empresas planejar e implantar sua modernização;

- Treinamento de recursos humanos a nível gerencial, técnico de supervisão e operacional, garantindo uma perfeita operação dos equipamentos mais modernos e um melhor aproveitamento da matéria-prima existente;

- Adequação da carga tributária para patamares não superiores a 10 - 14%, garantindo a competitividade da indústria gaúcha a nível nacional e internacional, permitindo dessa forma a exportação de pedras lapidadas de grande valor agregado e aumento da arrecadação tributária pelo aumento na base de arrecadação em relação a exportação de pedras em bruto;

- Divulgação dos produtos lapidados e jóias de empresas do Estado no país e no exterior através da promoção de visitas a feiras e congressos, apoio a participação de indústrias gaúchas em feiras e eventos do setor e intercâmbio de técnicos e especialistas com instituições estrangeiras para aquisição e posterior multiplicação de novas tecnologias.

15. Em resumo, o que foi realizado na presente tese constou de:

- avaliação técnica dos processos de lapidação, através de testes práticos onde foram levantados os tempos e rendimentos obtidos em cada etapa do processo;

- avaliação econômica das alternativas de lapidação, através da estimação dos custos de investimento inicial, custos de produção e rendimentos obtidos; determinação do fluxo de caixa de operação e cálculo dos critérios de decisão determinísticos; realização de análises de sensibilidade da rentabilidade do projeto frente a variações nos parâmetros estimados; definição do ponto de equilíbrio e produção mínima anual para viabilização do empreendimento; e realização de análise de risco através da técnica de Monte Carlo, com a determinação do risco de insucesso das alternativas e valores esperados para os critérios de decisão financeiros (valor presente líquido e taxa interna de retorno);

- cálculo da valorização econômica (valor agregado) possível de ser obtida através da industrialização das ametistas exploradas no estado e indicação dos benefícios macro-econômicos para o Rio Grande do Sul, definidos pelos indicadores: receitas anuais, arrecadação tributária, criação de empresas e empregos;

- desenvolvimento de uma metodologia de análise de projetos de industrialização mineral que leva-se em conta aspectos técnicos para estimação da capacidade de produção e dos rendimentos e custos de operação, bem como aspectos econômico-financeiros para a avaliação da viabilidade econômica e riscos de insucesso das alternativas estudadas.

16. Para futuros trabalhos sugere-se:

- Realização de estudos para uma adequação tributária visando garantir a competitividade do setor; inibição do comércio de pedras em bruto e semi-industrializadas, através do aumento da taxa para esses produtos; e incentivo ao comércio de gemas lapidadas, através da redução da carga tributária desses produtos.
- Desenvolvimento de uma metodologia para padronização do comércio de ametista e citrino RS, com a definição de padrões para classificação das gemas em função da tonalidade de cor e homogeneidade do material, que se torne referência nacional e internacional para transações dessas pedras coradas.
- Estabelecimento de um plano de desenvolvimento do setor que contemple ações nas áreas de introdução de modernas tecnologias de lapidação de pedras preciosas; qualificação da mão-de-obra operacional, técnica e gerencial; fortalecimento das instituições de apoio ao setor (sindicatos, estabelecimentos de ensino e pesquisa, laboratórios gemológicos, câmara setorial de pedras preciosas); adequação da carga tributária; eliminação de entraves para legalização dos garimpos; acesso e condições viáveis de financiamento do setor para criação de novas empresas; criação de uma central de pedras preciosas com o objetivo de fomentar a divulgação, pesquisa, informação, regulamentação, certificação e comercialização de pedras preciosas no Rio Grande do Sul.

(15)REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BALFOUR & PAPPUCCYIAN - "*Capital Cost Estimation for Mineral Processing Plants*". *4th meeting of canadian mineral processors*. Ottawa, 1972.
2. BANCROFF, P. - "*Soledade Mining Area, Rio Grande do Sul, Brazil*". *Gem & Crystal Treasures*. Western Enterprises/Mineralogical Record Inc. Sundance Press. Tucson - Arizona, 1984.
3. BUARQUE, C. - "*Avaliação Econômica de Projetos*". Editora Campos. Rio de Janeiro, 1989.
CACEX - "Pedras preciosas: lapidar o mercado". CACEX - Informativo semanal. Rio de Janeiro, julho de 1987, v.22, n° 1037: 3-9.
4. CARRARO, C.C.; GAMERMANN, N.; EICK, N.C.; BORTOLUZZI, C.A.; JOST, H. & PINTO, J.F. - "*Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul - Escala 1 : 1.000.000*". Mapa número 8. Instituto de Geociências da UFRGS. Porto alegre, outubro de 1974.
5. CEBRAE/CEAG-RS/BADESUL/IDERGS - "*Diagnóstico sobre Pedras Semi-Preciosas no Rio Grande do Sul*". Porto Alegre, dezembro de 1977.
6. CHODUR, N.L. - "*Ametista: considerações gerais e sua ocorrência nos basaltos da bacia do Paraná*". Monografia curso pós-graduação "latu sensu" em gemologia. Departamento de Geologia/UFOP, Ouro Preto, 1990.
7. CORRÊA, T.E. - "*Prospecção de Depósitos de Ametista na Região do Médio/Alto Uruguai - RS*". II° Salão de Pedras Preciosas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.
8. DIN 5033 - *Colorimetry*.
9. DIN 6164 - *Colorimetry*.

10. DIN 6174 - *Colorimetric Determination of Colour Distances (CIE-LAB of 1976)*.
11. DNPM/CPRM - "Principais Depósitos Minerais do Brasil". Brasília, 1991, v.IV - parte A: 271-286.
12. DORDET, Y. - "*La Colorimétrie: Principes et Applications*". Ed. Eyrolles. Paris, 1990.
13. FELLEMBERG, C. - "Mineração de Ametista no Médio/Alto Uruguai/RS". IIº Salão de Pedras Preciosas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.
14. FROHLING, E.S. & LEWIS, F.M. - "*Feasibility Studie*". *Mineral Processing Plant Design, 2nd edition*. SME-AIME, 1980.
15. GENTRY, D.W. & O'NEIL, T.J. - "*Mine Investment Analyses*". SME-AIME, 1984.
16. HENRIQUES, H.S. - "Diagnóstico do setor de gemas, jóias e bijuterias e suas tendências nacional e internacional". Boletim Técnico IBGM, Brasília, 1991.
17. IBGM - "Termo de Referência do Subprograma Setorial da Qualidade e produtividade em gemas, Jóias e Bijuterias". Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade. Brasília, junho de 1992.
18. JUCHEN, P.L.; HOFMEISTER, T. & BRUM, T.M.M. - "Ametista e ágata no Rio Grande do Sul". Anais IIIº Simpósio Sulbrasileiro de Geologia, Curitiba, 1987, v.2: 601-613.
19. KOPPE, J.C.; MÜLLER, A.A.; COSTA, L.F.C.L. & BERTOL, M. - "A Lavra de Ametista da Região do Médio/Alto Uruguai: Diagnóstico, Problemas e Soluções". IIº Salão de Pedras Preciosas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1994.
20. LEWIS, F.M. & BHAPPU, R.B. - "*Operating Costs*". *Mineral Processing Plant Design, 2nd edition*. SME-AIME, 1980.
21. McADAM, D.L. - "*The Especification of Whiteness*". Y. Opt. Soc. Am., 1934.
22. MIC/STI - "O Mercado Brasileiro de Pedras Preciosas, Semi-preciosas e Bijuterias e sua Demanda Internacional". Ministério da Indústria e Comércio/ Secretaria de Tecnologia Industrial. Brasília, 1975.

23. MME/DNPM - "Geologia do Brasil - Texto Explicativo do mapa Geológico do Brasil e Área Oceânica Adjacente incluindo Depósitos Minerais". Escala 1 : 1.250.000". Brasília, 1984.
24. MME/DNPM/CPRM - " Principais Depósitos Minerais do Brasil". Volume IV, parte A. Brasília, 1991.
25. MULAR, A.L. - "*Mining and Mineral Processing Equipment Costs and Preliminary Capital Cost Estimation*". CIMM Special volume 25 (update of volume 18), 1982.
26. MULAR, A.L. - "*The Estimation of Preliminary Capital Costs*". *Mineral Processing Plant Design, 2nd edition*. SME-AIME, 1980.
27. NBR 10630 - Material Gemológico - Classificação. Março/1989.
28. NEVES, C. - "Análise de Investimentos - Projetos industriais e engenharia econômica". Editora Guanabara. Rio de Janeiro, 1981.
29. OLIVEIRA, J.A.N. - "Engenharia Econômica: uma abordagem às decisões de investimento". Makron Books do Brasil Ltda - Editora McGraw-Hill Ltda. São Paulo, 1982.
30. PETTER, C. - "*Contribution à L'Étude de la Valorisation de Kaolins pour L'Industrie Papière: Mise au point d'une Methodologie Colorimétrique; Aplication à la Seletivité Minière*". PhD Thesis. EMP. Paris, 1994.
31. PETRICK Jr, A. - "*Mineral Investment and Finance*". *Economics of the Mineral Industries, 4th edition*. AIME, 1980.
32. SCHNEIDER, A.W. - "Contribuição à Petrologia dos Derrames Basálticos da Bacia do Paraná". Publicação avulsa da Escola de Engenharia da UFRGS. Porto Alegre, 1965.
33. SENAI/RS - "Levantamento das necessidades de mão-de-obra nos setores de pedras preciosas e calçadista da município de Soledade". Porto Alegre, dezembro de 1989.
34. SENAI/RS - "Pesquisa: pedras preciosas". Porto Alegre, janeiro de 1975.
35. SOUZA, J.C. & SAMPAIO, C.H. - "Industrialização de Pedras Preciosas no Rio Grande do Sul - Estado da Arte". IIIº Congresso Ítalo-Brasileiro de Engenharia de Minas. Verona - Itália, setembro de 1994.

36. SOUZA, P.Á - “Avaliação Econômica de Projetos de Mineração - Análise de Sensibilidade e Análise de Risco”. IETEC (Instituto de Educação Tecnológica). Belo Horizonte, 1995.

37. TUBINO DA SILVA, L.C.; DAL CORSO, S.O. & BERESNIACK, S. - “Projeto: Readequação do CFP SENAI de Gemologia de acordo com o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade”. Projeto NR 92-0017. Câmara Setorial de Gemas, Jóias e Bijuteria. SENAI/RS. Porto Alegre, agosto de 1992.

ANEXO 1

RESULTADOS DOS TESTES DE LAPIDAÇÃO MANUAL

- Estudo de Tempos e Movimentos**
- Estudo dos Rendimentos Mássicos**

Tabela VII - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: retangular

Gema: ametista

Tipo de lapidação: retangular 6 x 4 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	1'30"	1'30"	1'35"	1'25"	1'30"	1'35"	1'35"	1'25"	1'30"	1'25"	1'30
Lixar mesa	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"
Colar pavilhão	0'45"	0'45"	0'50"	0'50"	0'40"	0'45"	0'45"	0'50"	0'40"	0'40"	0'45"
Calibrar	3'45"	4'00"	3'30"	3'45"	3'45"	3'30"	3'45"	4'00"	4'00"	3'30"	3'45"
Facetar coroa	1'30"	1'35"	1'25"	1'25"	1'35"	1'35"	1'30"	1'30"	1'30"	1'25"	1'30"
Polir coroa, mesa e pavilhão	4'30"	4'15"	4'45"	4'45"	4'30"	4'15"	4'30"	4'30"	4'15"	4'45"	4'30"
Colar coroa	1'00"	1'05"	1'05"	0'55"	1'00"	1'00"	1'00"	0'55"	0'55"	1'05"	1'00"
Facetar pavilhão	3'45"	3'30"	3'30"	3'45"	3'45"	3'15"	3'30"	3'30"	3'15"	3'15"	3'30"
Polir pavilhão	5'00"	4'45"	4'45"	5'15"	5'00"	5'00"	5'15"	5'00"	5'15"	4'45"	5'00"
Total	22'00"	21'40"	21'40"	22'20"	22'00"	21'10"	22'05"	21'55"	21'05"	21'05"	21'45"
Dimensão final	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4

Tempo médio por pedra: 21'45"

Tabela VIII - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	22,00	12,00	45,46	54,54
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	12,00	8,74	27,17	72,83
Facetamento e polimento do pavilhão	8,74	5,90	32,50	67,50
TOTAL	22,00	5,90	73,19	26,81

Rendimentos mássico: 26,81% do peso inicial

Peso médio por pedra: 0,59 ct

Tabela IX - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: navete

Gema: ametista

Tipo de lapidação: navete 10 x 5 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	1'30"	1'35"	1'35"	1'25"	1'25"	1'30"	1'30"	1'25"	1'35"	1'30"	1'30"
Lixar mesa	0'30"	0'30"	0'35"	0'25"	0'25"	0'30"	0'25"	0'30"	0'35"	0'35"	0'30"
Colar pavilhão	1'00"	1'00"	0'55"	1'05"	0'55"	0'55"	1'00"	1'05"	1'00"	1'05"	1'00"
Calibrar	2'25"	2'15"	2'25"	2'05"	2'15"	2'25"	2'15"	2'15"	2'05"	2'05"	2'15"
Facetar coroa	2'30"	2'30"	2'45"	2'45"	2'15"	2'15"	2'30"	2'45"	2'30"	2'15"	2'30"
Polir coroa, mesa e pavilhão	4'30"	4'15"	4'15"	4'30"	4'00"	4'00"	4'00"	4'15"	4'15"	4'30"	4'15"
Colar coroa	0'55"	1'00"	0'55"	1'00"	1'00"	0'55"	1'05"	1'05"	1'00"	1'05"	1'00"
Facetar pavilhão	4'30"	4'15"	4'15"	4'30"	4'00"	4'00"	4'00"	4'15"	4'15"	4'30"	4'15"
Polir pavilhão	9'30"	9'15"	9'30"	9'15"	9'15"	9'45"	9'30"	9'30"	9'45"	9'45"	9'30"
Total	32'05"	31'20"	31'55"	31'15"	30'15"	31'30"	31'30"	31'55"	29'20"	31'55"	31'30"
Dimensão final	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5

Tempo médio por pedra: 31'30"

Tabela X - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	37,50	20,00	46,14	53,86
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	20,00	15,82	20,90	79,10
Facetamento e polimento do pavilhão	15,82	10,91	31,04	68,96
TOTAL	37,50	10,91	70,91	29,09

Rendimentos mássico: 29,09% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,09 ct

Tabela XI - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: oval

Gema: ametista

Tipo de lapidação: oval 6 x 4 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	1'30"	1'40"	1'40"	1'30"	1'20"	1'30"	1'30"	1'20"	1'40"	1'20"	1'30"
Lixar mesa	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"
Colar pavilhão	0'45"	0'40"	0'50"	0'40"	0'45"	0'40"	0'45"	0'45"	0'50"	0'50"	0'45"
Calibrar	2'00"	2'00"	1'30"	1'30"	1'45"	1'30"	1'45"	1'45"	1'45"	2'00"	1'45"
Facetar coroa	1'50"	1'50"	2'00"	2'00"	2'10"	2'00"	1'50"	2'00"	2'10"	2'10"	2'00"
Polir coroa, mesa e pavilhão	7'10"	7'15"	7'20"	7'15"	7'15"	7'10"	7'10"	7'20"	7'15"	7'20"	7'15"
Colar coroa	0'45"	0'45"	0'45"	0'45"	0'45"	0'45"	0'45"	0'45"	0'45"	0'45"	0'45"
Facetar pavilhão	4'00"	4'10"	3'50"	3'50"	4'00"	4'00"	3'50"	4'10"	4'10"	4'00"	4'00"
Polir pavilhão	5'40"	5'30"	5'30"	5'20"	5'30"	5'40"	5'40"	5'20"	5'30"	5'20"	5'30"
Total	23'55"	24'05"	23'40"	23'05"	23'45"	23'30"	23'30"	23'40"	24'40"	24'00"	23'45"
Dimensão final	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4

Tempo médio por pedra: 23'45"

Tabela XII - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	23,00	10,00	56,53	43,47
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	10,00	6,24	37,60	62,40
Facetamento e polimento do pavilhão	6,24	4,84	22,44	77,56
TOTAL	23,00	4,84	78,96	21,04

Rendimentos mássico: 21,04% do peso inicial

Peso médio por pedra: 0,48 ct

Tabela XIII - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: redonda

Gema: ametista

Tipo de lapidação: brilhante 6 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	1'10"	1'10"	1'15"	1'20"	1'15"	1'15"	1'20"	1'20"	1'10"	1'15"	1'15"
Lixar mesa	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"
Colar pavilhão	0'40"	0'50"	0'45"	0'40"	0'40"	0'45"	0'50"	0'45"	0'45"	0'50"	0'45"
Calibrar	1'55"	2'05"	2'05"	2'00"	2'05"	2'05"	2'00"	2'00"	2'00"	2'05"	2'00"
Facetar coroa	2'10"	2'20"	2'20"	2'10"	2'15"	2'15"	2'20"	2'15"	2'15"	2'10"	2'15"
Polir coroa, mesa e pavilhão	7'00"	7'30"	7'15"	7'30"	7'30"	7'15"	7'00"	7'15"	7'00"	7'15"	7'15"
Colar coroa	1'00"	0'55"	1'00"	1'00"	0'55"	1'05"	1'05"	0'55"	1'05"	1'00"	1'00"
Facetar pavilhão	4'30"	4'30"	4'20"	4'20"	4'30"	4'40"	4'40"	4'20"	4'30"	4'40"	4'30"
Polir pavilhão	4'45"	5'00"	5'00"	5'00"	5'15"	4'45"	4'45"	5'00"	5'15"	5'15"	5'00"
Total	23'25"	24'35"	24'15"	24'15"	24'40"	24'20"	24'15"	24'05"	24'15"	24'45"	24'15"
Dimensão final	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Tempo médio por pedra: 24'15"

Tabela XIV - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	36,50	15,50	56,95	43,05
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	15,50	11,66	24,78	75,22
Facetamento e polimento do pavilhão	11,66	8,05	30,97	69,03
TOTAL	36,50	8,05	77,95	22,05

Rendimentos mássico: 22,05% do peso inicial

Peso médio por pedra: 0,81 ct

Tabela XV - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: quadrada

Gema: ametista

Tipo de lapidação: quadrada 4 x 4 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	2'30"	2'00"	2'30"	2'30"	2'00"	2'00"	2'30"	2'00"	2'00"	2'30"	2'15"
Colar pavilhão	1'30"	1'00"	1'00"	1'15"	0'45"	1'30"	1'00"	1'30"	1'30"	1'30"	1'15"
Calibrar	1'30"	1'15"	1'15"	1'15"	1'00"	1'15"	1'30"	1'00"	1'15"	1'15"	1'15"
Facetar coroa	2'00"	1'30"	1'30"	1'00"	1'15"	1'45"	2'00"	1'30"	1'30"	1'00"	1'30"
Polir coroa, mesa e pavilhão	3'00"	3'00"	2'30"	2'15"	2'45"	2'30"	2'30"	2'00"	2'30"	2'00"	2'30"
Colar coroa	1'30"	1'30"	1'30"	1'00"	1'15"	1'00"	1'00"	1'15"	1'15"	1'15"	1'15"
Facetar pavilhão	3'00"	3'00"	3'15"	2'45"	3'00"	3'00"	3'00"	2'45"	3'00"	3'00"	3'00"
Polir pavilhão	3'15"	3'00"	3'15"	2'45"	3'00"	3'00"	3'00"	2'45"	3'00"	3'00"	3'00"
Total	18'15"	15'15"	16'00"	14'15"	14'30"	15'45"	16'30"	15'00"	15'15"	15'30"	15'45"
Dimensão final	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4

Tempo médio por pedra: 15'45"

Tabela XVI - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	15,60	7,30	53,00	47,00
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	7,30	5,40	25,00	75,00
Facetamento e polimento do pavilhão	5,40	3,50	35,50	64,50
TOTAL	15,60	3,50	77,50	22,50

Rendimentos mássico: 22,50% do peso inicial

Peso médio por pedra: 0,35 ct

Tabela XVII - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: oval

Gema: ametista

Tipo de lapidação: oval 8 x 6 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	3'00"	3'00"	2'30"	2'30"	2'30"	3'00"	3'00"	2'30"	2'45"	2'45"	2'45"
Colar pavilhão	1'15"	1'15"	1'00"	1'00"	1'35"	1'15"	1'30"	1'15"	1'15"	1'15"	1'15"
Calibrar	2'45"	3'00"	3'00"	2'45"	3'00"	2'30"	3'00"	2'30"	2'30"	2'30"	2'45"
Facetar coroa	2'30"	2'30"	2'45"	2'30"	2'30"	2'15"	2'30"	2'30"	2'15"	2'45"	2'30"
Polir coroa, mesa e pavilhão	4'00"	4'00"	4'00"	4'15"	4'15"	4'00"	3'45"	4'00"	3'45"	4'00"	4'00"
Colar coroa	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"
Facetar pavilhão	4'00"	4'15"	3'45"	4'00"	4'00"	3'45"	4'15"	3'45"	4'00"	4'15"	4'00"
Polir pavilhão	5'00"	5'15"	4'45"	5'00"	5'00"	4'45"	5'15"	4'45"	5'00"	5'15"	5'00"
Total	23'30"	24'15"	22'45"	23'00"	23'45"	22'30"	24'15"	22'15"	22'30"	23'45"	23'15"
Dimensão final	8 x 6	8 x 6	8 x 6	8 x 6	8 x 6	8 x 6	8 x 6	8 x 6	8 x 6	8 x 6	8 x 6

Tempo médio por pedra: 23'15"

Tabela XVIII - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	49,00	24,00	51,00	49,00
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	24,00	19,00	21,00	79,00
Facetamento e polimento do pavilhão	19,00	12,50	35,00	65,00
TOTAL	49,00	12,50	75,00	25,00

Rendimentos mássico: 25,00% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,25 ct

Tabela XIX - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: navete

Gema: ametista

Tipo de lapidação: navete 10 x 5 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	2'30"	2'00"	2'30"	2'45"	2'30"	2'45"	2'30"	1'45"	1'45"	1'45"	2'16"
Colar pavilhão	0'30"	0'30"	0'45"	0'45"	0'30"	0'45"	0'30"	0'30"	0'30"	0'45"	0'36"
Calibrar	2'30"	2'15"	2'15"	1'30"	2'30"	2'30"	2'00"	2'15"	1'45"	2'00"	2'09"
Facetar coroa	4'00"	4'30"	4'45"	3'45"	4'15"	4'15"	4'45"	4'00"	3'45"	3'30"	4'09"
Polir coroa, mesa e pavilhão	7'30"	7'15"	7'30"	7'15"	7'15"	7'15"	7'45"	7'30"	7'30"	7'45"	7'27"
Colar coroa	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"
Facetar pavilhão	11'00"	10'00"	7'00"	9'45"	5'45"	10'15"	10'15"	8'15"	8'30"	10'15"	9'06"
Polir pavilhão	6'30"	6'15"	8'45"	8'45"	7'45"	8'45"	9'15"	8'00"	8'45"	7'00"	7'58"
Total	36'00"	34'30"	35'30"	36'30"	32'30"	38'15"	38'45"	34'15"	34'15"	34'45"	35'31"
Dimensão final	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5	10 x 5

Tempo médio por pedra: 35'31"

Tabela XX - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	48,5	21,3	56,09	43,91
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	21,3	17,0	20,19	79,81
Facetamento e polimento do pavilhão	17,0	10,5	38,24	61,76
TOTAL	48,5	10,5	78,36	21,64

Rendimentos mássico: 21,64% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,05 ct

Tabela XXI - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: quadrada

Gema: citrino RS

Tipo de lapidação: quadrada 5 x 5 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	3'00"	2'30"	2'30"	3'00"	2'30"	2'00"	2'00"	2'30"	2'00"	3'00"	2'40"
Colar pavilhão	10'30"	1'00"	0'45"	1'00"	0'45"	0'45"	1'00"	0'45"	1'00"	1'00"	0'55"
Calibrar	4'00"	3'30"	3'00"	3'00"	1'30"	2'30"	2'00"	3'00"	2'15"	3'00"	2'45"
Facetar coroa	4'15"	3'45"	4'00"	3'30"	3'30"	3'15"	3'30"	3'00"	3'15"	3'00"	3'30"
Polir coroa, mesa e pavilhão	2'30"	2'45"	2'30"	2'30"	2'00"	2'15"	2'15"	2'30"	2'15"	2'00"	2'20"
Colar coroa	1'15"	1'15"	1'00"	1'00"	1'00"	0'45"	1'00"	0'45"	0'45"	0'45"	0'55"
Facetar pavilhão	5'00"	4'30"	4'30"	4'00"	4'15"	4'15"	4'30"	4'00"	4'15"	4'15"	4'20"
Polir pavilhão	3'30"	3'30"	3'00"	3'15"	3'00"	2'45"	3'00"	3'00"	3'15"	3'00"	3'15"
Total	24'30"	22'15"	22'15"	22'15"	19'30"	18'30"	19'45"	19'30"	19'00"	20'00"	20'00"
Dimensão final	5 x 5	5 x 5	5 x 5	5 x 5	5 x 5	5 x 5	4,5 x 4,5	5 x 5	5 x 5	5 x 5	5 x 5

Tempo médio por pedra: 20'00"

Tabela XXII - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	40,0	19,0	52,5	47,5
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	19,0	14,0	26,0	74,0
Facetamento e polimento do pavilhão	14,0	9,2	34,3	65,7
TOTAL	40,0	9,2	77,0	23,0

Rendimentos mássico: 23,00% do peso inicial

Peso médio por pedra: 0,92 ct

Tabela XXIII - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: retangular

Gema: citrino RS

Tipo de lapidação: retangular 8 x 5 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	2'30"	2'30"	3'00"	2'30"	3'00"	2'30"	2'00"	2'00"	2'30"	2'00"	2'40"
Colar pavilhão	2'00"	1'40"	1'40"	1'00"	1'50"	0'50"	1'30"	1'30"	1'10"	1'00"	1'30"
Calibrar	1'30"	3'00"	1'15"	3'30"	2'00"	3'00"	2'00"	3'30"	2'30"	1'30"	2'35"
Facetar coroa	4'00"	2'45"	2'20"	2'50"	3'15"	3'00"	3'00"	3'00"	2'30"	2'30"	3'00"
Polir coroa, mesa e pavilhão	7'00"	7'30"	5'30"	6'15"	6'30"	5'45"	6'30"	6'00"	5'00"	5'30"	6'10"
Colar coroa	1'15"	1'15"	1'15"	1'00"	1'15"	1'00"	1'00"	1'15"	1'15"	1'15"	1'10"
Facetar pavilhão	5'00"	4'30"	4'15"	4'30"	4'15"	4'30"	4'45"	4'15"	4'15"	4'00"	4'25"
Polir pavilhão	4'45"	5'00"	5'15"	5'00"	4'00"	3'30"	4'00"	3'45"	3'30"	3'30"	4'15"
Total	28'00"	26'10"	24'30"	26'35"	26'00"	24'00"	24'45"	25'15"	22'40"	21'15"	25'45"
Dimensão final	8 x 5,5	9 x 5,5	8,5 x 5	8 x 5,5	8 x 6	8 x 4	8 x 4,5	8 x 5,5	7 x 5	6 x 5	7,8 x 5,1

Tempo médio por pedra: 25'45"

Tabela XXIV - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	51,0	26,5	48,0	52,0
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	26,5	20,5	22,5	77,5
Facetamento e polimento do pavilhão	20,5	14,0	31,5	68,5
TOTAL	51,0	14,0	72,5	27,5

Rendimentos mássico: 27,50% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,40 ct

Tabela XXV - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: redonda

Gema: citrino RS

Tipo de lapidação: redonda 6 x 6 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	2'30"	3'00"	2'00"	2'30"	2'30"	3'00"	2'00"	2'00"	2'00"	2'00"	2'25"
Colar pavilhão	1'15"	1'00"	0'45"	1'00"	1'00"	1'15"	1'00"	0'45"	1'00"	1'15"	1'05"
Calibrar	1'15"	1'00"	1'15"	1'00"	1'15"	0'45"	1'00"	1'15"	0'45"	1'15"	1'10"
Facetar coroa	3'45"	3'15"	3'30"	3'15"	3'00"	3'00"	3'15"	3'30"	3'15"	3'00"	3'15"
Polir coroa, mesa e pavilhão	3'30"	3'15"	3'15"	3'45"	3'30"	3'45"	3'00"	3'00"	3'30"	3'15"	3'20"
Colar coroa	0'45"	0'45"	1'00"	0'45"	0'45"	0'45"	0'30"	0'30"	0'45"	0'45"	0'45"
Facetar pavilhão	4'15"	4'00"	4'15"	4'15"	4'00"	3'45"	3'30"	3'30"	3'00"	3'00"	3'45"
Polir pavilhão	6'15"	6'00"	6'15"	6'00"	5'45"	6'00"	5'30"	5'15"	5'45"	5'30"	5'50"
Total	24'30"	22'15"	23'15"	22'30"	21'15"	22'15"	19'45"	20'45"	20'00"	20'00"	21'35"
Dimensão final	6	6	6,5	6	6,5	6,5	6	6	6,5	6	6,2

Tempo médio por pedra: 21'35"

Tabela XXVI - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	40,0	23,0	42,5	57,5
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	23,0	15,5	32,5	67,5
Facetamento e polimento do pavilhão	15,5	10,5	32,5	67,5
TOTAL	40,0	10,5	73,5	26,5

Rendimentos mássico: 26,50% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,05 ct

Tabela XXVII - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: oval

Gema: citrino RS

Tipo de lapidação: oval 9 x 6 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	2'30"	2'30"	3'00"	2'30"	3'00"	2'30"	3'00"	2'00"	1'30"	1'15"	2'15"
Colar pavilhão	1'30"	1'15"	1'30"	2'00"	1'50"	1'45"	1'00"	1'30"	1'15"	1'30"	1'30"
Calibrar	1'15"	1'10"	1'15"	1'30"	1'30"	1'00"	1'30"	1'00"	1'00"	1'40"	1'20"
Facetar coroa	5'30"	5'00"	4'30"	3'45"	2'45"	3'30"	3'15"	3'15"	2'45"	3'45"	3'30"
Polir coroa, mesa e pavilhão	6'00"	6'45"	6'00"	6'45"	6'30"	7'00"	6'15"	6'30"	7'15"	6'30"	6'30"
Colar coroa	1'00"	1'00"	1'00"	0'45"	0'45"	1'15"	1'00"	1'15"	1'00"	1'00"	1'00"
Facetar pavilhão	5'45"	6'00"	5'00"	4'45"	5'00"	5'15"	4'00"	4'30"	4'30"	4'15"	4'25"
Polir pavilhão	7'30"	7'00"	7'30"	7'30"	6'45"	7'00"	7'15"	7'00"	7'30"	7'30"	7'15"
Total	31'00"	30'40"	29'45"	29'30"	28'05"	29'15"	27'15"	27'00"	26'45"	27'25"	27'45"
Dimensão final	8,5 x 6	9 x 6	10 x 6,5	9 x 6	9 x 6	10 x 6	8 x 5,5	8,5 x 6	8,5 x 5,5	8 x 5	8,8 x 6

Tempo médio por pedra: 27'45"

Tabela XXVIII - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	51,5	28,0	45,5	54,5
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	28,0	20,0	28,5	71,5
Facetamento e polimento do pavilhão	20,0	16,5	17,5	82,5
TOTAL	51,5	16,5	68,0	32,0

Rendimentos mássico: 32,00% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,65 ct

Tabela XXIX - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: gota

Gema: citrino RS

Tipo de lapidação: gota 7 x 5 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	2'00"	1'45"	2'00"	1'30"	2'30"	2'00"	2'00"	2'00"	1'45"	2'30"	2'00"
Colar pavilhão	1'00"	0'45"	0'45"	1'00"	1'15"	0'45"	0'45"	1'00"	1'00"	1'00"	0'50"
Calibrar	1'30"	1'45"	1'45"	1'15"	1'30"	1'15"	1'15"	1'45"	1'15"	1'45"	1'30"
Facetar coroa	2'30"	2'45"	2'15"	2'45"	3'00"	2'45"	3'00"	2'45"	2'30"	2'15"	2'35"
Polir coroa, mesa e pavilhão	5'30"	4'30"	4'30"	5'15"	4'45"	5'45"	5'15"	4'15"	4'30"	4'15"	4'50"
Colar coroa	1'00"	0'45"	1'00"	0'45"	1'00"	1'00"	0'45"	1'00"	0'45"	0'45"	0'50"
Facetar pavilhão	4'00"	3'45"	4'00"	3'45"	4'00"	3'45"	3'30"	3'30"	3'15"	2'45"	3'40"
Polir pavilhão	6'45"	6'30"	6'00"	6'15"	6'15"	5'45"	6'00"	6'00"	5'45"	6'15"	6'10"
Total	24'15"	22'30"	22'15"	22'30"	24'15"	23'00"	22'30"	22'15"	20'45"	21'30"	22'25"
Dimensão final	8 x 5,5	6 x 5	9 x 5,5	8 x 6	7 x 5	7 x 5	7,5 x 5	7,5 x 5	7 x 5	7,5 x 5	7,4 x 5,2

Tempo médio por pedra: 22'25"

Tabela XXX - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	41,0	22,0	46,5	53,5
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	22,0	15,0	31,5	68,5
Facetamento e polimento do pavilhão	15,0	10,5	30,0	70,0
TOTAL	41,0	10,5	74,5	25,5

Rendimentos mássico: 25,50% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,05 ct

Tabela XXXI - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: oval

Gema: citrino RS

Tipo de lapidação: oval 6 x 8 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	1'30"	1'15"	1'15"	1'30"	1'30"	1'45"	1'15"	1'30"	1'45"	1'45"	1'30"
Colar pavilhão	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"
Calibrar	1'00"	0'55"	1'00"	1'00"	1'05"	0'55"	0'55"	1'00"	1'05"	1'05"	1'00"
Facetar coroa	2'10"	2'00"	1'50"	2'00"	2'00"	2'10"	1'50"	2'00"	2'10"	1'50"	2'00"
Polir coroa, mesa e pavilhão	7'30"	7'15"	7'15"	7'30"	7'30"	7'00"	7'15"	7'15"	7'00"	7'00"	7'15"
Colar coroa	1'00"	1'00"	1'00"	0'55"	1'00"	0'55"	1'05"	0'55"	1'05"	1'05"	1'00"
Facetar pavilhão	4'30"	4'40"	4'30"	4'30"	4'40"	4'20"	4'30"	4'40"	4'20"	4'20"	4'30"
Polir pavilhão	5'50"	6'00"	6'10"	6'10"	5'50"	5'50"	6'00"	6'00"	6'00"	6'10"	6'00"
Total	26'30"	25'50"	26'00"	26'05"	26'20"	25'25"	25'35"	26'05"	26'25"	25'45"	26'00"
Dimensão final	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8

Tempo médio por pedra: 26'00"

Tabela XXXII - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	42,5	21,0	50,59	49,41
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	21,0	15,5	26,20	73,80
Facetamento e polimento do pavilhão	15,5	12,5	19,36	80,64
TOTAL	42,5	12,5	70,59	29,41

Rendimentos mássico: 29,41% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,25 ct

Tabela XXXIII - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: baguete

Gema: citrino RS

Tipo de lapidação: baguete 6 x 3 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	1'25"	1'30"	1'30"	1'25"	1'25"	1'35"	1'30"	1'35"	1'30"	1'35"	1'30"
Lixar Mesa	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"	0'15"
Colar Pavilhão	0'40"	0'45"	0'40"	0'40"	0'45"	0'50"	0'45"	0'50"	0'45"	0'50"	0'45"
Calibrar	3'50"	3'45"	3'50"	3'40"	3'45"	3'45"	3'50"	3'40"	3'45"	3'40"	3'45"
Facetar coroa	1'25"	1'25"	1'30"	1'35"	1'30"	1'30"	1'35"	1'35"	1'25"	1'30"	1'30"
Polir coroa, mesa e pavilhão	4'15"	4'30"	4'15"	4'30"	4'45"	4'45"	4'15"	4'45"	4'30"	4'30"	4'30"
Colar coroa	1'00"	1'00"	0'55"	0'55"	0'55"	1'00"	1'00"	1'05"	1'05"	1'05"	1'00"
Facetar pavilhão	3'30"	3'30"	3'45"	3'45"	3'30"	3'45"	3'15"	3'15"	3'30"	3'15"	3'30"
Polir pavilhão	4'30"	4'30"	4'45"	4'45"	4'15"	4'45"	4'30"	4'15"	4'30"	4'15"	4'30"
Total	20'50"	21'10"	21'25"	21'30"	21'05"	22'10"	20'55"	21'15"	21'15"	21'05"	21'15"
Dimensão final	6 x 3	6 x 3	6 x 3	6 x 3	6 x 3	6 x 3	6 x 3	6 x 3	6 x 3	6 x 3	6 x 3

Tempo médio por pedra: 21'15"

Tabela XXXIV - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	16,00	8,70	45,63	54,37
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	8,70	6,00	30,04	68,96
Facetamento e polimento do pavilhão	6,00	3,54	41,00	59,00
TOTAL	16,00	3,54	77,88	22,12

Rendimentos mássico: 22,12% do peso inicial

Peso médio por pedra: 0,35 ct

Tabela XXXV - Tempos cronometrados nas fases do processo de lapidação manual

Forma: oval

Gema: citrino RS

Tipo de lapidação: oval 6 x 8 mm

Fase Processo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
Pré-forma	2'30"	2'30"	2'15"	2'15"	2'00"	2'00"	2'15"	2'00"	2'30"	2'30"	2'16"
Lixar Mesa	0'30"	0'30"	0'30"	0'30"	0'30"	0'30"	0'30"	0'30"	0'30"	0'30"	0'30"
Colar Pavilhão	0'45"	0'45"	0'30"	0'45"	0'30"	0'30"	0'45"	0'30"	0'30"	0'45"	0'37"
Calibrar	3'15"	4'00"	4'45"	3'45"	4'30"	4'45"	4'30"	4'45"	4'30"	3'30"	4'13"
Facetar coroa	6'15"	6'15"	5'15"	6'00"	5'45"	6'00"	5'45"	5'30"	6'45"	6'15"	5'58"
Polir coroa, mesa e pavilhão	7'45"	8'00"	7'45"	7'00"	7'15"	7'45"	8'00"	7'45"	8'00"	7'00"	7'37"
Colar coroa	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"
Facetar pavilhão	7'00"	6'45"	6'30"	6'15"	6'45"	6'45"	6'30"	6'15"	7'00"	6'15"	6'36"
Polir pavilhão	10'00"	8'45"	9'45"	9'15"	9'45"	10'00"	9'15"	9'15"	9'00"	9'00"	9'24"
Total	39'00"	38'30"	38'15"	36'45"	38'00"	39'15"	38'30"	37'30"	39'45"	36'45"	38'13"
Dimensão final	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8	6 x 8

Tempo médio por pedra: 38'13"

Tabela XXXIV - Rendimentos mássicos e consumo de matéria-prima

Fases do processo	Peso inicial (ct)	Peso final (ct)	Perda (%)	Aproveitamento (%)
Pré-forma	61,00	29,84	51,09	48,91
Calibragem, facetamento e polimento da coroa	29,84	19,73	33,89	66,11
Facetamento e polimento do pavilhão	19,73	13,23	32,95	67,05
TOTAL	61,00	13,23	78,32	21,68

Rendimentos mássico: 21,68% do peso inicial

Peso médio por pedra: 1,32 ct

ANEXO 2

RESULTADOS DOS TESTES DE LAPIDAÇÃO MANUAL

- Custo de Aquisição de Matéria-prima**
- Rendimento Econômico Médio**
- Margem de Contribuição Unitária**

Tipo de Pedra: citrino RS

Forma: quadrada (5 x 5)

Peso inicial: 40 ct

Peso/pedra médio: 4 ct = 0,8 g

Custo inicial: 0,60 US\$/g . 0,8 g/pedra = 0,48 US\$/pedra

Peso final: 9,2 ct

Peso/pedra médio: 0,92 ct

Preço de venda final: 2,0 US\$/ct . 0,92 ct/pedra = 1,84 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 1,84 - 0,48 = 1,36 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 4,8 US\$

Receita final lote 10 pedras = 18,4 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 13,6 US\$

Forma: retangular (8 x 5)

Peso inicial: 51 ct

Peso/pedra médio: 5,1 ct = 1,02 g

Custo inicial: 1,05 US\$/g . 1,02 g/pedra = 1,07 US\$/pedra

Peso final: 14 ct

Peso/pedra médio: 1,4 ct

Preço de venda final: 2,0 US\$/ct . 1,4 ct/pedra = 2,80 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 2,80 - 1,07 = 1,73 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 10,7 US\$

Receita final lote 10 pedras = 28,0 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 17,3 US\$

Forma: redonda (6 x 6)

Peso inicial: 40 ct

Peso/pedra médio: 4,0 ct = 0,8 g

Custo inicial: 0,60 US\$/g . 0,8 g/pedra = 0,48 US\$/pedra

Peso final: 10,5 ct

Peso/pedra médio: 1,05 ct

Preço de venda final: 2,0 US\$/ct . 1,05 ct/pedra = 2,10 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 2,10 - 0,48 = 1,62 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 4,8 US\$

Receita final lote 10 pedras = 21,0 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 16,2 US\$

Forma: oval (9 x 6)

Peso inicial: 51,5 ct

Peso/pedra médio: 5,15 ct = 1,03 g

Custo inicial: 1,05 US\$/g . 1,03 g/pedra = 1,08 US\$/pedra

Peso final: 16,5 ct

Peso/pedra médio: 1,65 ct

Preço de venda final: 2,0 US\$/ct . 1,65 ct/pedra = 3,30 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 3,30 - 1,08 = 2,22 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 10,8 US\$

Receita final lote 10 pedras = 33,0 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 22,2 US\$

Forma: gota (7,5 x 5)

Peso inicial: 41 ct

Peso/pedra médio: 4,1 ct = 0,82 g

Custo inicial: 0,60 US\$/g . 0,82 g/pedra = 0,49 US\$/pedra

Peso final: 10,5 ct

Peso/pedra médio: 1,05 ct

Preço de venda final: 2,0 US\$/ct . 1,05 ct/pedra = 2,10 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 2,10 - 0,49 = 1,61 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 4,9 US\$

Receita final lote 10 pedras = 21,0 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 16,1 US\$

Forma: oval (6 x 8)

Peso inicial: 42,5 ct

Peso/pedra médio: 4,25 ct = 0,85 g

Custo inicial: 0,60 US\$/g . 0,85 g/pedra = 0,51 US\$/pedra

Peso final: 12,5 ct

Peso/pedra médio: 1,25 ct

Preço de venda final: 2,0 US\$/ct . 1,25 ct/pedra = 2,50 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 2,50 - 0,51 = 1,99 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 5,1 US\$

Receita final lote 10 pedras = 25,0 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 19,9 US\$

Forma: baguette (6 x 3)

Peso inicial: 16 ct

Peso/pedra médio: 1,6 ct = 0,32 g

Custo inicial: 0,30 US\$/g . 0,32 g/pedra = 0,096 US\$/pedra

Peso final: 3,54 ct

Peso/pedra médio: 0,354 ct

Preço de venda final: 2,0 US\$/ct . 0,354 ct/pedra = 0,708 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 0,708 - 0,096 = 0,612 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 0,96 US\$

Receita final lote 10 pedras = 7,08 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 6,12 US\$

Forma: oval (6 x 8)

Peso inicial: 61 ct

Peso/pedra médio: 6,1 ct = 1,22 g

Custo inicial: 1,05 US\$/g . 1,22 g/pedra = 1,28 US\$/pedra

Peso final: 13,23 ct

Peso/pedra médio: 1,323 ct

Preço de venda final: 2,0 US\$/ct . 1,323 ct/pedra = 2,646 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 2,646 - 1,28 = 1,366 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 12,80 US\$

Receita final lote 10 pedras = 26,46 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 13,66 US\$

Tipo de Pedra: Ametista**Forma: retangular (6 x 4)****Peso inicial: 22 ct****Peso/pedra médio: 2,2 ct = 0,44 g****Custo inicial: 0,80 US\$/g . 0,44 g/pedra = 0,352 US\$/pedra****Peso final: 5,9 ct****Peso/pedra médio: 0,59 ct****Preço de venda final: 4,0 US\$/ct . 0,59 ct/pedra = 2,36 US\$/pedra****Margem de Contribuição: 2,36 - 0,352 = 2,008 US\$/pedra****Custo inicial lote 10 pedras = 3,52 US\$****Receita final lote 10 pedras = 23,60 US\$****Margem de contribuição lote 10 pedras = 20,08 US\$****Forma: navete (10 x 5)****Peso inicial: 37,5 ct****Peso/pedra médio: 3,75 ct = 0,75 g****Custo inicial: 1,30 US\$/g . 0,75 g/pedra = 0,975 US\$/pedra****Peso final: 10,91 ct****Peso/pedra médio: 1,091 ct****Preço de venda final: 5,0 US\$/ct . 1,091 ct/pedra = 5,455 US\$/pedra****Margem de Contribuição: 5,455 - 0,975 = 4,48 US\$/pedra****Custo inicial lote 10 pedras = 9,75 US\$****Receita final lote 10 pedras = 54,55 US\$****Margem de contribuição lote 10 pedras = 44,80 US\$**

Forma: oval (6 x 4)

Peso inicial: 23 ct

Peso/pedra médio: 2,3 ct = 0,46 g

Custo inicial: 0,80 US\$/g . 0,46 g/pedra = 0,368 US\$/pedra

Peso final: 4,84 ct

Peso/pedra médio: 0,484 ct

Preço de venda final: 4,0 US\$/ct . 0,484 ct/pedra = 1,936 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 1,936 - 0,368 = 1,568 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 3,68 US\$

Receita final lote 10 pedras = 19,36 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 15,68 US\$

Forma: redonda (6 x 6)

Peso inicial: 36,5 ct

Peso/pedra médio: 3,65 ct = 0,73 g

Custo inicial: 1,30 US\$/g . 0,73 g/pedra = 0,949 US\$/pedra

Peso final: 8,05 ct

Peso/pedra médio: 0,805 ct

Preço de venda final: 4,0 US\$/ct . 0,805 ct/pedra = 3,22 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 3,22 - 0,949 = 2,271 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 9,49 US\$

Receita final lote 10 pedras = 32,20 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 22,71 US\$

Forma: quadrada (4 x 4)

Peso inicial: 15,6 ct

Peso/pedra médio: 1,56 ct = 0,312 g

Custo inicial: 0,80 US\$/g . 0,312 g/pedra = 0,406 US\$/pedra

Peso final: 3,5 ct

Peso/pedra médio: 0,35 ct

Preço de venda final: 3,0 US\$/ct . 0,35 ct/pedra = 1,05 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 1,05 - 0,406 = 0,644 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 4,06 US\$

Receita final lote 10 pedras = 10,50 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 6,44 US\$

Forma: oval (8 x 6)

Peso inicial: 49 ct

Peso/pedra médio: 4,9 ct = 0,98 g

Custo inicial: 1,30 US\$/g . 0,98 g/pedra = 1,274 US\$/pedra

Peso final: 12,5 ct

Peso/pedra médio: 1,25 ct

Preço de venda final: 4,5 US\$/ct . 1,25 ct/pedra = 5,625 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 5,625 - 1,274 = 4,351 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 12,74 US\$

Receita final lote 10 pedras = 56,25 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 43,51 US\$

Forma: navete (10 x 5)

Peso inicial: 48,5 ct

Peso/pedra médio: 4,85 ct = 0,97 g

Custo inicial: 1,30 US\$/g . 0,97 g/pedra = 1,261 US\$/pedra

Peso final: 10,5 ct

Peso/pedra médio: 1,05 ct

Preço de venda final: 5,0 US\$/ct . 1,05 ct/pedra = 5,25 US\$/pedra

Margem de Contribuição: 5,25 - 1,261 = 3,989 US\$/pedra

Custo inicial lote 10 pedras = 12,61 US\$

Receita final lote 10 pedras = 52,50 US\$

Margem de contribuição lote 10 pedras = 39,89 US\$

ANEXO 3

FÓRMULAS PARA CÁLCULO DA ÁREA LAPIDADA EM FUNÇÃO DO FORMATO DE LAPIDAÇÃO

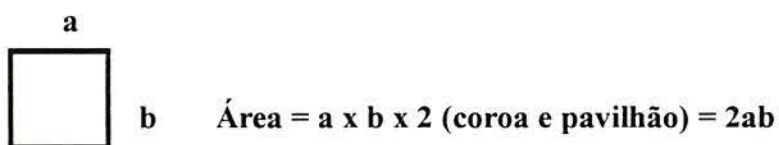
- Lapidação formatos:

- . Redondo (brilhante)**
- . Quadrado**
- . Navete**
- . Oval**
- . Gota**

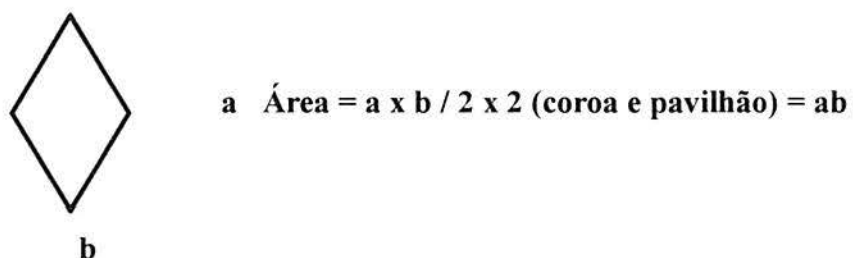
Cálculo das áreas de lapidação em função do formato de lapidação realizado:

Foi considerada a seguinte área como representativa da quantidade de material lapidado na coroa e pavilhão da gema cortada em formato:

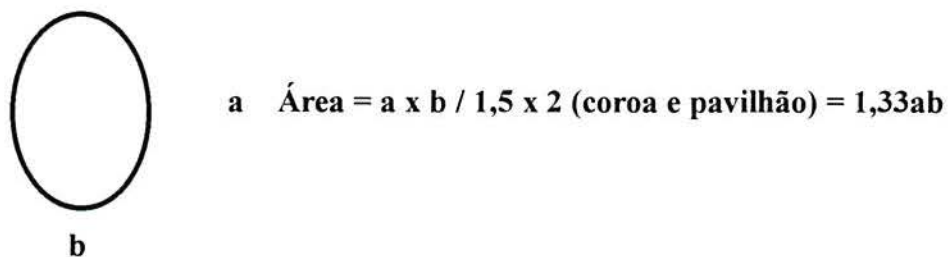
1. Formato quadrado:



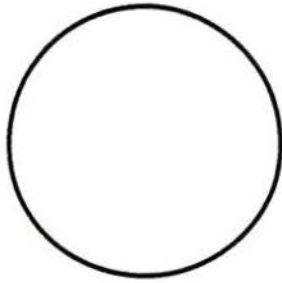
2. Formato navete:



3. Formato Oval:



4. Formato Redondo (brilhante):



$$a \quad \text{Área} = \pi \times a \times 2 \text{ (coroa e pavilhão)} = 2\pi a$$

5. Formato Gota:



$$a \quad \text{Área} = a \times b \times 2 / 1,7 = 1,18ab$$

b

Resumo:

Quadrada	2.a.b
Navete	a.b
Oval	1,33.a.b
Redonda	2.π.a
Gota	1,18.a.b